



La Biodiversidad en Guanajuato

Estudio de Estado

Volumen I

La Biodiversidad en Guanajuato

Estudio de Estado

Volumen I

Primera edición, 2012
D.R. © 2012 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Liga Periférico – Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010 México, D. F. http://www.conabio.gob.mx
D.R. © 2012 Instituto de Ecología del Gobierno del Estado Guanajuato. Aldana # 12, esquina calle República Mexicana, zona XIV, barrio Pueblito de Rocha, Guanajuato, Guanajuato. http://www.ecologia.guanajuato.gob.mx

La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado.
ISBN: 978-607-7607-78-6
Volumen I
ISBN: 978-607-7607-79-3

Coordinación, edición y seguimiento general:
CONABIO
Andrea Cruz Angón
Erika Daniela Melgarejo
Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza
María Alejandra González Gutiérrez

IEE
Rodolfo Becerril Patlán
David Guzmán González
Oscar Báez Montes

Compilación y Edición Técnica y Científica:
MEDIO FÍSICO: María Zorrilla Ramos; **SOCIEDAD Y ECONOMÍA:** María Zorrilla Ramos; **MARCO LEGAL E INSTITUCIONES:** María Zorrilla Ramos; **USOS DE LA BIODIVERSIDAD:** Ramón Cecaira Ricoy y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD:** María Zorrilla Ramos, Oscar Báez Montes y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **DESDE LA SOCIEDAD:** María Zorrilla Ramos; **ECOSISTEMAS:** Sergio Zamudio Ruíz; **DIVERSIDAD DE ESPECIES:** Ramón Cecaira Ricoy, Oscar Báez Montes y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **DIVERSIDAD GENÉTICA:** Oscar Báez y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN:** Ramón Cecaira Ricoy.

Corrección de estilo:
Escargot servicios editoriales

Diseño y Formación:
Escargot servicios editoriales

Cuidado de la edición:
Oscar Báez Montes
Vianney A. González Luna
Daniar Chávez Jiménez
Erika Daniela Melgarejo
Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza
Andrea Cruz Angón
María Alejandra González Gutiérrez

Fotografía:
Concursos de fotografía Estatal "La Biodiversidad de Guanajuato: Capturando su grandeza" (2010) y "Cuidemos Nuestros Humedales" (2009).

Cartografía:
J. Isidro Cuevas Carrillo
Javier Vega Ruiz

Revisión técnica de textos, y listados de especies:
Andrea Cruz Angón, Erika Daniela Melgarejo, Fernando Camacho Rico, Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza, Diana Hernández Robles, Susana Ocegueda Cruz, Sofía Escoto Hernández, Martha Alicia Reséndiz López, Rafael Pompa Vargas, Nubia Betzabé Morales Guerrero, Wolke Tobón Niedfeldt, Alejandra Campos Salgado, Bárbara Romano Márquez y María Alejandra González Gutiérrez.

Agradecimientos: El Gobierno del Estado de Guanajuato a través del Instituto de Ecología, y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Enrique Kato Miranda y Fernando Camacho Rico quienes estuvieron involucrados en el proceso de formulación de este documento.

Fotografías de la portada:

Volumen I: Monumentos (Cynthia Selene Vélasquez J.), Garambullo (Tlathui Benavides Trejo), Hongo nodriza (Laura Cecilia Martínez Ramírez), En la Crisis (María Isabel Ledesma Ibarra), Cachorro de Puma en la Cuenca de la Esperanza (Yadira Fabiola Estrada Sillas), Sobre Calas (Emilio Vargas Colmenero) y Ritmo natural (Ignacio Alfredo Ponce Ornelas).

Volumen II: Monumentos (Cynthia Selene Vélasquez J.), Atardecer compartido (José Adrián Ibarra Buenrostro), Escondida en la soledad (César Noé Camargo Pérez), En la mira (Edgar Pedro Méndez Vázquez), Como ventana a la paz (Gilberto Mosqueda Torres), Atardecer migratorio (Oscar Báez Montes) y Bosque de Galería en Las Musas (Oscar Báez Montes).

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2012. La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). México.

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

MENSAJE DEL GOBERNADOR

Guanajuato estableció desde 2007 su compromiso ante el cambio climático, creó la primera Comisión Intersecretarial a nivel estatal en el país. Desde entonces identificó la relevancia del tema de la biodiversidad como parte integral de una gestión ambiental centrada en la adaptación y mitigación de los efectos del calentamiento global.

La política adoptada en Guanajuato, se alinea a la declaratoria de 2010 como Año Internacional de la Biodiversidad. Con ello, se acordó que sin la instrumentación de un programa estratégico de conservación y sustentabilidad ocasionaremos la pérdida progresiva e irreversible de la flora y fauna, con lo que se pone en riesgo nuestro propio modelo de desarrollo.

Con la enorme colaboración y respaldo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, nos planteamos explorar la situación del conocimiento integral de la biodiversidad en nuestro Estado. Al ser un tema no revisado, representa todo un reto.

En este estudio mostramos la gran variedad de bienes y servicios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad guanajuatense: la provisión de alimentos, productos medicinales y materias primas que apoyan las actividades productivas, la captación de agua de lluvia, la regulación del clima y de poblaciones de organismos indeseables, la formación de suelos y la polinización, entre otros.

La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado, compila e integra con un lenguaje sencillo, la mayor parte de la información de las ciencias ambientales y las ciencias sociales generada para el estado a nivel nacional e incluso internacional. Incluye además, la documentación validada del conocimiento tradicional y empírico que se tiene en la sociedad en relación con la biodiversidad.

Se incluyen los componentes físicos, socioeconómicos, normativos e institucionales y se enriquece con documentos de asociaciones civiles y habitantes de comunidades que externan sus experiencias en campo y que en suma representan la contribución de 243 autores de 51 instituciones y la activa y decidida participación por parte de la Universidad de Guanajuato, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, el Instituto de Ecología, A.C., la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y el Gobierno del Estado, a través del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Con esta publicación se concreta el gran esfuerzo realizado para su elaboración, generando un parteaguas en el conocimiento integral de la biodiversidad en el Estado de Guanajuato. Ahora se reconoce que aún contamos con elementos de diversidad de especies sobresalientes a nivel nacional, superior incluso a lo que se creía antes de la realización del estudio.

Este conocimiento nos obliga a conservar y usar sustentablemente nuestros recursos naturales. En los próximos años, su protección se convertirá en una cuestión esencial para nuestra supervivencia, de tal manera, que invertir en nuestro

capital natural bajo una óptica de desarrollo sustentable supondrá un ahorro a largo plazo.

Con este libro e instrumentando la Estrategia Estatal de Biodiversidad, que se encuentra en elaboración, Guanajuato da un gran paso para asegurar el buen manejo de su capital natural.

No obstante, hace falta mucho trabajo por delante, que sólo se logrará conjuntando esfuerzos entre la sociedad, instituciones educativas, de investigación y el gobierno. Todos deben participar en la elaboración de políticas públicas y mecanismos de respuesta necesarios para que la conservación y usos de la biodiversidad estimulen los procesos de sustentabilidad, atendiendo especialmente a un mejor ordenamiento y gestión del territorio estatal.

Estos mecanismos deben considerar los efectos, las adaptaciones y mitigaciones al cambio climático, así como una valoración adecuada del patrimonio natural. Es el momento de tomar conciencia en que nuestro bienestar depende de la conservación y uso sustentable de los servicios que los ecosistemas nos proveen. Ello, nos lleva a ser copartícipes esenciales de un nuevo modelo de desarrollo.

Lic. Miguel Márquez Márquez
Gobernador del Estado de Guanajuato

PRESENTACIÓN

El dicho popular de que no se puede valorar ni cuidar lo que no se conoce, encierra una gran verdad.

El libro La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado representa un gran avance en la difusión a la sociedad del conocimiento sobre la diversidad biológica y su importancia para el desarrollo sostenible del estado de Guanajuato.

Esta obra es un antecedente necesario para la elaboración e instrumentación de la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad, que tiene como objetivo fundamental conservar y hacer un uso racional del capital natural del estado, incluidos los servicios ambientales que ese capital provee en beneficio de la sociedad guanajuatense. Asimismo, contribuye al cumplimiento de las actividades de instrumentación de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad del País, como parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre Diversidad Biológica (cdb).

Para la conabio ha sido un privilegio colaborar con el Gobierno del estado de Guanajuato, a través del Instituto de Ecología del Estado, que dio seguimiento puntual a esta iniciativa, con lo que demuestra un gran interés y compromiso con la sociedad del estado.

Esta publicación está constituida por contribuciones que reúnen información confiable y actual sobre la situación de la biodiversidad en el Estado de Guanajuato, que las autoridades, los académicos, las comunidades locales, los grupos indígenas y la sociedad en general podrán consultar y utilizar como elemento base para la toma de decisiones en el uso, manejo y conservación de la misma, así como en el diseño de estrategias de planeación, en beneficio del desarrollo integral de la sociedad guanajuatense y del país.

Agradecemos el compromiso y dedicación de los 243 autores pertenecientes a más de 50 instituciones, sin los cuales no hubiera sido posible la elaboración de este libro y los felicitamos por la cristalización de este gran esfuerzo. Esta numeralia habla de la capacidad institucional y humana, dispuesta a colaborar con el Gobierno del Estado, así como para comunicar su conocimiento a la sociedad Guanajuatense.

Asimismo, es necesario resaltar que la información contenida en esta obra ya ha sido utilizada durante el proceso de elaboración de la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Guanajuato, y su posterior implementación.

Si bien el Estudio de Estado es una “fotografía instantánea” del conocimiento existente hasta ahora sobre la biodiversidad y su estado de conservación en la entidad, que sirven como línea de base para visualizar el proceso de cambio y modificación de los ecosistemas, es necesario mantener los esfuerzos de actualización del conocimiento sobre la biodiversidad y ante todo las acciones que permitan su conservación y uso sustentable en el largo plazo, entre las que esperamos y deseamos se contemple la constitución de una comisión estatal de biodiversidad, a semejanza de conabio pero basada en las instituciones y el personal académico de la entidad, con la disposición abierta del Gobierno del Estado y con la participación de la sociedad local.

El conocimiento que integra esta obra dista de estar completo y es necesario que se continúe la recopilación de información y que se actualice la que ya existe. Tengo la seguridad de que las instituciones locales asegurarán la continuidad de los esfuerzos en ampliar el conocimiento de la biodiversidad, identificar y registrar los cambios que experimenta y que apoyarán la difusión de esta obra, pues sólo así se logrará obtener su máximo provecho, el cual se concentra en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad que nos pertenece a todos. Así también, tengo la certeza de que la administración gubernamental del estado, apoyará el seguimiento de este esfuerzo con el propósito de beneficiarse de la información prevista por el estudio que será aprovechado para una toma de decisiones mejor informada, respecto al capital natural de Guanajuato.

Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Andrea Cruz Angón | Rodolfo Becerril Patlán | Oscar Báez Montes

Biodiversidad

La diversidad biológica es un concepto que normalmente asociamos con la variedad de especies de animales y plantas observables a simple vista. No obstante, para el Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (cdb), su definición es más amplia y abarca la variedad de las especies vivientes, no sólo las plantas (Plantae) y los animales (Animalia), sino los hongos (Fungi), protozoarios (Protista) y bacterias (Monera). Además, la biodiversidad también incluye a los ecosistemas que las especies habitan y la variabilidad genética que éstas poseen (cdb, 1992; conabio, 2000). Recientemente se ha propuesto incluir a la variedad de plantas domesticadas por el hombre y sus parientes silvestres (agrobiodiversidad), la diversidad de grupos funcionales en el ecosistema (herbívoros, carnívoros, parásitos, saprófitos, entre otros) y la diversidad cultural humana (costumbres, lenguas y cosmovisiones) (figura 1).



Figura 1. Niveles de la biodiversidad, de acuerdo al cdb. (Fuente: modificado de conabio, 1998). Ecosistemas Matorral submontano en el cañón del río Xichú, municipio de Xichú, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz); Especies: Diatomea *Navicula cryptocephala* de San Miguel de Allende, Guanajuato (fotografía de Enrique A. Cantoral Uriza); Planta acuática *Nymphaea gracilis*, municipio San Miguel de Allende, Guanajuato (fotografía de José Manuel Escalera Villegas); Hongo del género *Gymnopilus*, en la Sierra de Santa Rosa, municipio de Guanajuato, Guanajuato (fotografía de Laura Cecilia Martínez Ramírez); Carpintero cheje *Melanerpes aurifrons*, municipio de Tierra Blanca, Guanajuato (fotografía de María Isabel Ledesma Ibarra); Pelícanos blancos *Pelecanus erythrorhynchos* en la Laguna de Yuriria, municipio de Yuriria, Guanajuato (fotografía de José Luis Telles Oros); Genes: Catarinita *Hippodamia convergens*, en el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato (fotografía de Marcos Flores Villanueva).

Importancia de la biodiversidad

Los seres humanos hemos dado valor a la diversidad biológica desde tres puntos de vista: 1) biológico, debido a que cada uno de sus componentes constituye un reservorio de información evolutiva irremplazable; 2) económico, ya que obtenemos bienes esenciales para el desarrollo de nuestra vida diaria, por ejemplo, las variedades de especies vegetales y animales domesticadas, las materias primas de uso industrial (resinas, maderas, fibras, celulosa, entre otros) o los compuestos activos para la industria farmacéutica (anticoagulantes, antivenenos, anticonceptivos, antibióticos, entre otros); 3) cultural, como fuente de inspiración literaria, creencias, mitos y cosmovisiones (Toledo, 1997). Además, la biodiversidad, específicamente los ecosistemas, otorgan servicios (ecosistémicos o ambientales) a la sociedad que pueden ser 1) de provisión, a través de todas las materias primas como fibras, madera, agua y alimentos; 2) de regulación, como la regulación del clima, de enfermedades y control de la erosión; 3) de soporte, como la formación de suelos y reciclado de nutrientes, y 4) culturales, como fuente de inspiración artística o espiritual, sitios recreativos, entre otras (CONABIO, 2006) (figura 2).

México, país megadiverso

La biodiversidad no se distribuye de manera uniforme en el planeta. En general, las regiones tropicales albergan mayor riqueza de especies. En la actualidad se reconoce que 17 países son megadiversos, ya que su diversidad biológica representa alrededor de 70% de las especies conocidas en el planeta. Estos países son México, Australia, Brasil, China, Colombia, Congo, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Madagascar, Perú, Papúa Nueva Guinea, Sudáfrica y Venezuela (Mittermeier *et al.*, 1997). En el caso particular de nuestro país, es sorprendente que a pesar de que su superficie representa tan solo 1.5% del área terrestre del mundo, contiene entre 10 y 12% de las especies conocidas (CONABIO, 2006; Sarukhán *et al.*, 2009). Dependiendo del grupo que se trate, entre 9 y 60% de las especies registradas en México son endémicas, es decir, que se localizan únicamente en nuestro país (Sarukhán *et al.*, 2009).



Figura 2. Servicios y beneficios que prestan los ecosistemas. (Fuente: modificado de CONABIO 2006).

Desafortunadamente, nuestro país comparte una realidad ambiental con tendencias similares a las identificadas a nivel mundial (CONABIO, 2006). Esto se debe en gran medida a factores relacionados con los modos de producción y obtención de bienes y servicios que han resultado no sustentables.

La pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas también conllevan una degradación cualitativa y cuantitativa de los servicios ambientales que nos prestan y de los que depende directamente el bienestar de todas las personas (CONABIO, 2006).

El Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas

En 1992 durante la Cumbre de Río, en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, los líderes del mundo, preocupados por la pérdida de diversidad biológica, el calentamiento global y la degradación ambiental, firmaron tres instrumentos internacionales: el Convenio Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio de lucha contra la Desertificación (CNULCD) y el CDB. Este último es un tratado mundial jurídicamente vinculante que persigue tres objetivos fundamentales: 1) la conservación de la diversidad biológica, 2) el uso sostenible de sus componentes y 3) la distribución justa y equitativa de los beneficios provenientes de la utilización de los recursos genéticos. La participación en dicho convenio es prácticamente global, lo que refleja de algún modo la preocupación sobre el deterioro ambiental, la pérdida de biodiversidad y la necesidad de realizar acciones que aseguren su conservación en el largo plazo. En la 10ª Conferencia de las Partes del CDB, celebrada en Nagoya Japón en octubre de 2010, se aprobó un nuevo Plan Estratégico para el periodo 2011- 2020.

Vivamos en Armonía con la Naturaleza, es la visión para el 2050 de este plan que regirá la vida del CDB durante los próximos 10 años y cuyo propósito es que la diversidad biológica sea valorada, conservada, restaurada y utilizada en forma racional para mantener los servicios de los ecosistemas en un planeta sano, que brinde los beneficios esenciales y necesarios para todos sus habitantes. La misión del Plan consiste en tomar medidas efectivas y urgentes para detener la pérdida de biodiversidad y que para el 2020 los ecosistemas continúen suministrando servicios ambientales, lo cual es esencial para garantizar no sólo la variedad de la vida, sino su continuidad. El Plan Estratégico 2011-2020 establece cinco objetivos estratégicos y 20 metas, todas ellas situadas dentro de un marco flexible con el fin de que los países puedan definir sus propias metas de acuerdo con sus capacidades y prioridades.

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio y la Tercera Perspectiva Global sobre Biodiversidad

En el año 2000, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) solicitó realizar la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005), un esfuerzo internacional que contó con la participación de 1 360 expertos científicos de 95 países con el objetivo de evaluar las consecuencias del cambio en los ecosistemas para el bienestar humano (figura 3). Las principales conclusiones de este trabajo sin precedentes se resumen así:

1. Durante los últimos 50 años los humanos hemos modificado los ecosistemas para satisfacer nuestras necesidades, más rápida y ampliamente que en cualquier otro periodo comparable de nuestra historia. Esto ha derivado en la pérdida irremediable de la diversidad biológica sobre la Tierra.

2. Muchas personas se han beneficiado de la utilización y transformación de los ecosistemas naturales y de la explotación de la diversidad biológica. Sin embargo, estos beneficios tienen cada vez costos mayores en forma de pérdida de ecosistemas y especies, degradación de los servicios de los ecosistemas e incremento de la pobreza de otros pueblos.

3. Las cinco causas directas más importantes de pérdida de biodiversidad y de cambio y deterioro en los servicios de los ecosistemas son: la pérdida de los hábitats, el cambio climático, las especies exóticas invasoras, la sobreexplotación y la contaminación.

4. Para alcanzar un progreso mayor en la conservación de la diversidad biológica que permita al mismo tiempo mejorar el bienestar humano y reducir la pobreza, será necesario intensificar los esfuerzos de conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y de los servicios de los ecosistemas. Pero estos esfuerzos no serán suficientes mientras no existan las condiciones favorables para atacar tanto las causas indirectas como las directas de la pérdida de biodiversidad.

5. Una mejor capacidad para predecir las consecuencias de la pérdida de biodiversidad, el funcionamiento de los ecosistemas y sus servicios, junto con mediciones mejoradas de la diversidad biológica, ayudarían a la adopción de decisiones a todos los niveles.

6. La ciencia puede ayudar a asegurar que se adopten decisiones basadas en la mejor información disponible, pero en última instancia será la sociedad la que determine el futuro de la diversidad biológica.

En el 2010 la Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica publicó la Tercera Perspectiva Global sobre Biodiversidad (GBO3, por sus siglas en inglés, 2010), en este documento, basado en los cerca de 120 informes nacionales presentados por las Partes del Convenio, se concluye que la meta al 2010 no se alcanzó. Además, indica que las tendencias actuales de deterioro y pérdida de biodiversidad se están acercando a puntos de inflexión cuyas consecuencias más graves implicarían la reducción de la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios esenciales. Reconoce que las principales presiones causantes de la pérdida de diversidad biológica no sólo son

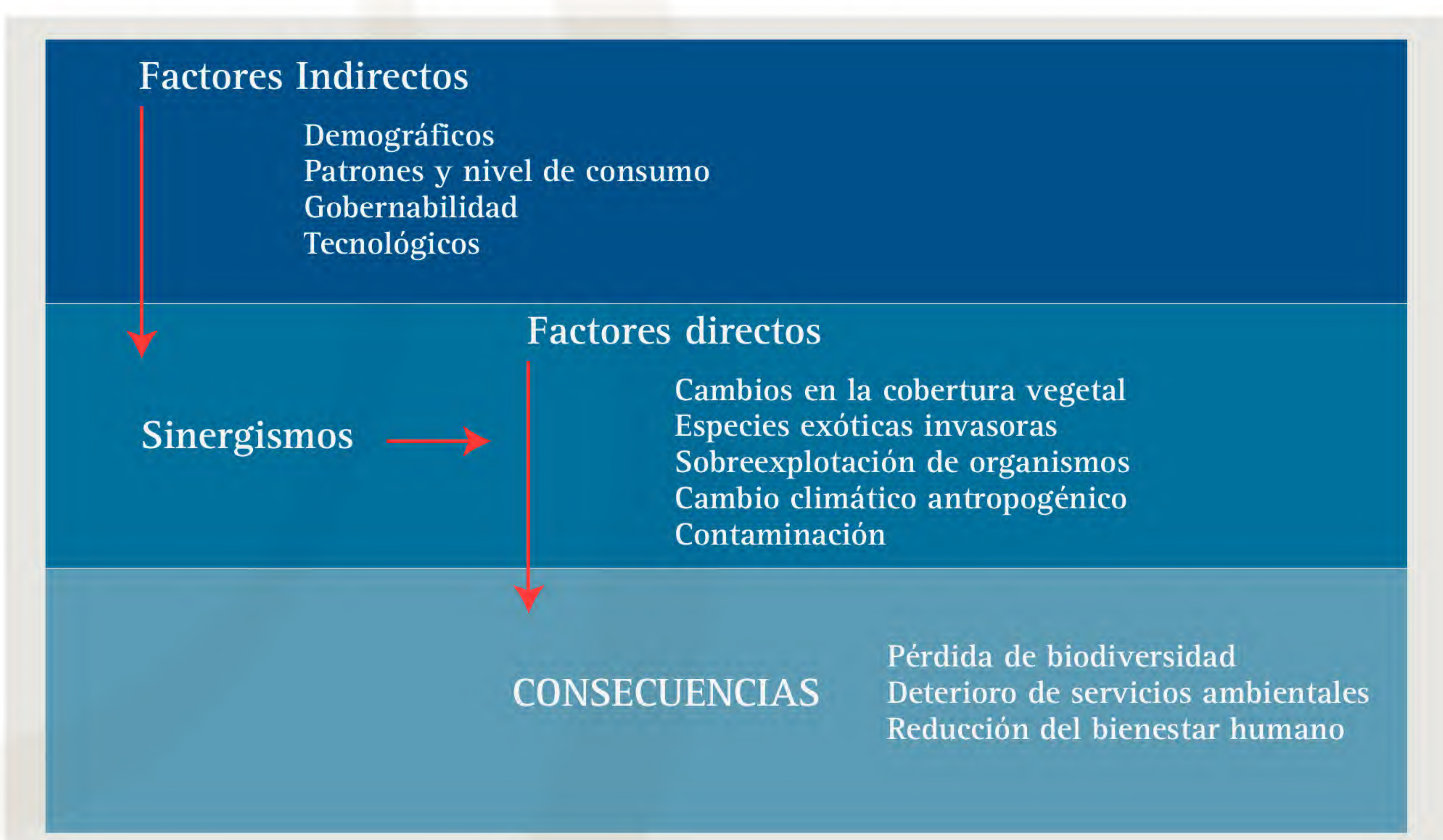


Figura 3. Factores directos e indirectos responsables de los cambios en la biodiversidad, sus servicios ambientales y las consecuencias para el bienestar humano (Modificado de CONABIO, 2006).

constantes sino que además, en algunos casos, se están intensificando. No obstante, la acción nacional e internacional en apoyo de la diversidad biológica se está moviendo en la dirección correcta en varios campos importantes. Se están protegiendo más zonas terrestres y marinas, hay más países luchando contra la grave amenaza de las especies exóticas invasoras, y se está destinando más dinero a la aplicación del CDB. Pero de no emprender acciones urgentes y contundentes que corrijan las situaciones que amenazan a la biodiversidad se tendrán graves consecuencias para todos.

México y el convenio de diversidad biológica

México fue el 12° país en ratificar el CDB en 1993. Como resultado del cumplimiento de los compromisos adquiridos ante el Convenio, en 1998 se publicó *La diversidad biológica de México: Estudio de país*, que fue el primer diagnóstico de la situación general de la biodiversidad, mediante el cual se identificaron los principales usos, amenazas, necesidades y oportunidades para su conservación (CONABIO, 1998).

Posteriormente a la publicación del *Estudio de país*, se formuló la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBM) (CONABIO, 2000) como resultado de una serie de talleres y reuniones sectoriales donde participaron cerca de 400 personas. La ENBM plantea una visión a 50 años en el que se concibe a México como un país que ha logrado obtener un mayor conocimiento de su diversidad biológica, así como detener y revertir los procesos de deterioro ambiental. Para lograr esta visión se planteó la instrumentación de cuatro líneas estratégicas: 1) Protección y conservación; 2) Valoración de la biodiversidad; 3) Conocimiento y manejo de la información y 4) Diversificación del uso.

México ha publicado *Capital natural de México*, en esta obra se utilizó el enfoque metodológico de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) y consta de cinco volúmenes *I. Conocimiento actual de la biodiversidad; II. Estado de conservación y tendencias de cambio; III. Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad; IV. Capacidades humanas, institucionales y financieras, y V. Escenarios futuros*, con los que se busca diseñar soluciones en materia ambiental, con base en la definición actualizada de los problemas. Los tres primeros volúmenes de esta obra, así como una síntesis ejecutiva, fueron publicados en 2009, tras un esfuerzo sin precedentes de varios años, con la participación de 648 autores y 96 revisores externos de 227 instituciones (Sarukhán *et al.*, 2009).

El Cuarto Informe Nacional de México al Convenio de Diversidad Biológica (CONABIO y Semarnat, 2009), que es la comunicación más reciente con respecto al cumplimiento de este Convenio, resalta en sus conclusiones la necesidad de evaluar, revisar y actualizar la ENBM, con la finalidad de que este sea un instrumento eficaz de planeación en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad. Esta tarea pendiente para México cobra ahora mayor sentido, con la reciente aprobación del Plan Estratégico del CDB para el periodo 2011-2020, que incluye una meta al 2015 en la que los países habrán revisado y en su caso actualizado sus respectivas estrategias nacionales, con la finalidad de alinearlas al Plan Estratégico del CDB.

La Instrumentación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad: las Estrategias Estatales de Biodiversidad

Para poder alcanzar los objetivos planteados en el CDB y llevar a cabo las acciones trazadas en la ENBM desde una perspectiva federalista, la CONABIO, en colaboración con gobiernos estatales y representantes de los diversos sectores de la sociedad, inició los trabajos de elaboración de las Estrategias Estatales sobre Biodiversidad (EEB), un proceso que toma en cuenta la diversidad cultural, geográfica, social y biológica de México. Los objetivos de este proceso en el largo plazo son:

1. Contar con herramientas de planificación a escala adecuada (estatal) para la toma de decisiones con respecto a la gestión de los recursos biológicos.

2. Institucionalizar políticas públicas en materia de biodiversidad. *a*) Establecer Sistemas Estatales de Información sobre Biodiversidad (como parte del SNIB). *b*) Consolidar los Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas (ANP). *c*) Establecer programas permanentes de educación ambiental y difusión sobre la importancia de la biodiversidad. *d*) Integrar y armonizar iniciativas de conservación y uso sustentable.

3. Promover factura local de leyes sobre biodiversidad, el reparto equitativo de los beneficios del aprovechamiento y la conservación de la biodiversidad.

4. Facilitar el intercambio científico, cultural y político referente a la biodiversidad a distintas escalas, en el marco del CDB.

De forma análoga a la ENBM, el proceso de las EEB busca completar dos documentos de planificación estratégica importantes (figura 4):

1. Estudio de Estado, que es un diagnóstico de línea base sobre la biodiversidad del estado en sus diferentes niveles.

2. Estrategia Estatal sobre Biodiversidad, documento de planificación estratégica que establece las líneas prioritarias, acciones y recursos que cada entidad necesita para conservar y aprovechar sustentablemente su diversidad biológica. La formulación de estos dos documentos requiere de la amplia participación de diversos sectores de la sociedad que permitan la identificación de prioridades y la implementación de la Estrategia.

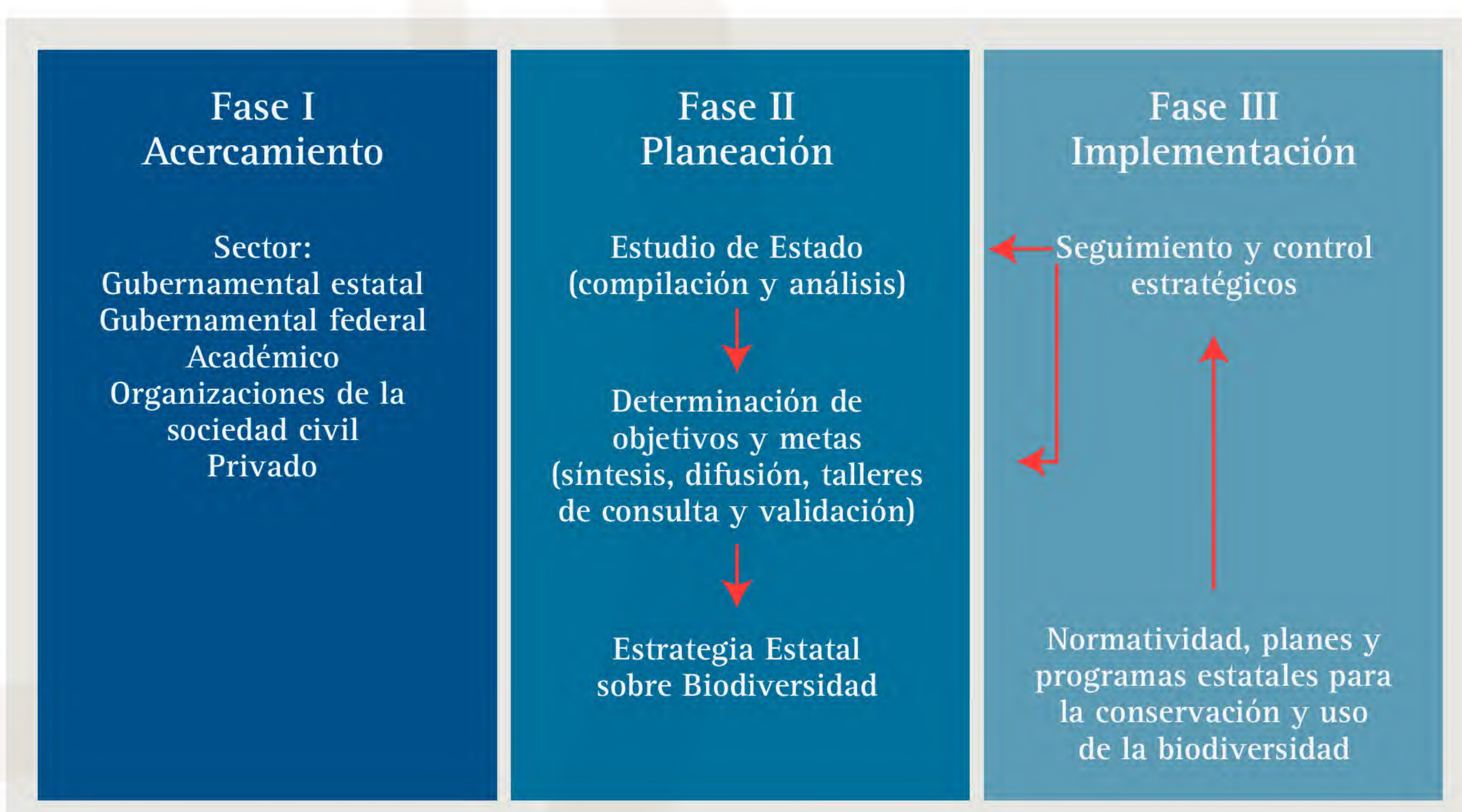


Figura 4. El proceso de elaboración de documentos de planeación estratégica e instrumentación de acciones en el marco del programa de Estrategias Estatales de Biodiversidad coordinado por la CONABIO.

La Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Guanajuato

El Estudio de Estado sobre la Biodiversidad de Guanajuato es una compilación del conocimiento generado hasta el momento en la entidad. Presenta información sobre las características del medio físico, biológico (a nivel de ecosistemas, especies y genes), social, económico, político e institucional, relacionado con la conservación de la riqueza natural a escala estatal, resaltando su importancia en la esfera ambiental en la que indisociablemente se encuentran la sociedad guanajuatense y la diversidad biológica.

El proceso de elaboración del Estudio de Estado se generó gracias al acercamiento entre el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE) y la Comisión Nacional sobre el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en el año 2008. Durante los años siguientes se han planeado, destinado y ejercido los recursos económicos, materiales y profesionales necesarios para la elaboración de este documento que constituye un gran esfuerzo por conjuntar la mayor cantidad de información relacionada con la biodiversidad de la entidad.

A principios de 2009, el IEE realizó una búsqueda y selección de investigadores para que fungieran como compiladores y coordinadores de los capítulos que componen el presente Estudio, cuyas funciones fueron las de identificar y convocar a investigadores, académicos, personas de instituciones gubernamentales, integrantes de la sociedad civil organizada, así como consultores independientes, que pudieran aportar datos e información relevante en las secciones que componen el Estudio de Estado y que la información compilada cumpliera tanto en lineamientos, calidad y pertinencia. Las acciones encaminadas a la formulación del Estudio y Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad de Guanajuato se formalizaron a través del Convenio de Colaboración Interinstitucional, firmado entre el IEE; la CONABIO; la Universidad de Guanajuato (UG); el Centro de Investigaciones Avanzadas (Cinvestav), Unidad Irapuato, del Instituto Politécnico Nacional; el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Bajío, y el Instituto de Ecología A. C. (Inecol). En la firma del convenio se contó con la presencia del gobernador del estado, licenciado Juan Manuel Oliva Ramírez, autoridades institucionales, representantes del Congreso local y la participación de uno de los botánicos ampliamente reconocidos por su importante contribución al conocimiento de la flora en el país, y particularmente en el Bajío, el doctor Jerzy Rzedowski (figura 5).

Durante el proceso de compilación de contribuciones se realizaron reuniones con los coordinadores y compiladores de capítulo, investigadores, académicos y miembros de organizaciones no gubernamentales con la finalidad de clarificar los objetivos del estudio, presentar los lineamientos para las contribuciones, resolver dudas y generar sinergias institucionales de colaboración (figura 6).

Asimismo, en el Año Internacional de la Biodiversidad (2010) se organizaron diversas actividades a nivel estatal con el fin de destacar la importancia de la biodiversidad en el estado de Guanajuato, establecer un espacio de reflexión sobre la importancia de la biodiversidad y promover la concientización de la población, para mitigar la pérdida de la biodiversidad, mediante la participación ciudadana guanajuatense.

Otro de los aspectos positivos que ha favorecido en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*, además de promover la conservación de la biodiversidad y conocer su situación actual, es el de formar alianzas con instituciones que comparten intereses comunes en la conservación del capital natural de la entidad, de



Figura 5. Evento de la firma de Convenio Interinstitucional (octubre de 2009).



Figura 6. Taller de presentación de resultados preliminares (mayo de 2010).

tal manera que en esta publicación se compilaron 142 contribuciones organizadas en 11 capítulos, (siendo el capítulo de Diversidad de especies, el que más contribuciones reunió, 32%) (cuadro 1) con la participación de 243 autoras y autores pertenecientes a 48 instituciones académicas, centros de investigación y entidades gubernamentales nacionales y estatales, además de autores independientes (cuadro 2). Después de una serie de filtros, revisiones y adecuaciones, se concretó la validación de las contribuciones en el 2011.

El presente estudio se encuentra estructurado en 11 capítulos que contienen contribuciones eje y estudios de caso, fotografías, gráficas, mapas, cuadros, listados de especies, referencias bibliográficas y anexos.

El origen de la información del estudio fue muy variado, utilizando 23 234 registros provenientes del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) de la CONABIO, que correspondieron a 84% del total de las especies compiladas en este Estudio, cuya información fue complementada con la obtenida de bases de datos de colecciones científicas nacionales e internacionales, herbarios, publicaciones y datos personales de los autores, lo cual contribuyó a la compilación de 4 065 especies en el estado (cuadro 3), de las cuales 149 se encuentran en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (cuadro 4). Asimismo se identificaron y caracterizaron cinco tipos principales de vegetación con 26 asociaciones vegetales (cuadro 5). La información contenida en este Estudio de Biodiversidad superó las cifras de especies estatales consideradas para Guanajuato por Sarukhán *et al*. (2009) para la mayoría de los grupos biológicos (cuadro 6).

Finalmente, la obra *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*, reúne la mayor cantidad de información sobre las especies, ecosistemas y estudios de genes de especies presentes en la entidad en un solo documento, gracias a la gran

Cuadro 1. Contenido de *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado.*

Capítulo	Número de contribuciones
Medio físico	6
Sociedad y economía	6
Marco legal e instituciones	8
Usos de la biodiversidad	22
Amenazas a la biodiversidad	13
Desde la sociedad: experiencias de participación social y educación ambiental	12
Ecosistemas	3
Diversidad de especies	46
Diversidad genética	11
Protección y conservación	15
Hacia la estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad de Guanajuato	1

Cuadro 2. Instituciones participantes en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado.*

Instituciones académicas y centros de investigación
Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías Competitivas
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado
Instituto Politécnico Nacional
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica
Instituto Tecnológico de Celaya
Instituto Tecnológico de Roque
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Tecnológico de Monterrey
Unidad de Ciencias del Agua CICY-Cancún
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Universidad Autónoma de Querétaro
Universidad Autónoma del Estado de México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Universidad de Guadalajara
Universidad de Guanajuato
Universidad Laval
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad Veracruzana
Dependencias Gubernamentales (Federales y Estatales)
Comisión Estatal del Agua de Guanajuato
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
Comisión Nacional Forestal
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Fundación Ciencias del Ecosistema
Herpetario de San Luis la Paz
Instituto de Ecología A.C.
Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato
Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes
Instituto Nacional de Antropología e Historia
Instituto Nacional de Ecología
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Guanajuato
Organizaciones de la Sociedad Civil
Arges Ambiental
Conservación de la Biodiversidad del Centro de México, A.C.
Consultora Arboceta Mexicana S.C.
Consultoría Ambiental
Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C.
Ecogroup Consultoría
El Charco del Ingenio, A.C.
Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas
Grupo Ecoturístico El Platanal, Xichú, Sierra Gorda, Guanajuato
Instituto Hombre-Naturaleza A.C.
Parque Ecológico de Irapuato, A.C.
Rancho el Arenal, Ejido Llanos de Santa Ana, Municipio de Guanajuato
Sociedad de Arquitectos Paisajistas de México
Salvemos al Río Laja A.C.

Cuadro 3. Riqueza de especies reportadas en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado.*

Grupo taxonómico	Número de especies
Hongos	136
Angiospermas	2 642
Gimnospermas	18
Pteridofitas	126
Arañas	46
Chapulines	68
Escarabajos acuáticos	21
Escarabajos joya	58
Escarabajos barrenadores o toritos	28
Catarinitas	39
Picudos	123
Mariposas*	119
Peces	38
Anfibios	25
Reptiles	81
Aves	366
Mamíferos	87

* Representa la información de un estudio de caso para una región particular del estado.

Cuadro 4. Riqueza de especies reportadas en esta obra y sus categorías dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Riqueza de especies	Sujetas a protección especial	Amenazadas	En Peligro de Extinción	Probablemente extintas en el medio silvestre	Total de Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010
Hongos	136	-	1	-	-	1
Plantas	2786	23	16	5	-	44
Invertebrados	546	1	-	-	-	1
Peces	38	-	5	4	-	9
Anfibios	25	6	3	-	-	9
Reptiles	81	23	16	-	-	39
Aves	366	21	8	5	-	34
Mamíferos	87	2	6	3	1	12
Total	4065	76	55	17	1	149

Cuadro 5. Tipos de vegetación y sus asociaciones descritas en esta obra.

Tipo de Vegetación	Asociación
Bosque de *Quercus*	*Quercus resinosa*
	Q. affinis
	Q. eduardii-Q. grisea-Q. potosina
	Q. castanea
	Q. rugosa-Q. obtusata
	Q. laurina-Q. rugosa
Encino - pino ó Pino - encino	
Bosque de coníferas	Bosque de *Juniperus*
	Bosque de *Pinus oocarpa*
	Bosque de *Pinus cembroides*
	Bosque mixto de *Pinus*
	Bosque de *Abies*
Bosque Tropical Caducifolio	
Matorral Xerófilo	Matorral crasicaule (*Opuntia-Zaluzania*)
	Matorral crasicaule (*Eysenhardtia polystachya*)
	Matorral crasicaule (*Stenocereus-Myrtillocactus*)
	Matorral micrófilo
	Matorral submontano
	Matorral de *Juniperus*
	Matorral de *Dodonaea viscosa*
Pastizal	Pastizal calcícola
	Pastizal halófilo
	Pastizal inducido
Bosque Mesófilo de Montaña*	
Bosque de Galería*	
Vegetación acuática y subacuática*	

*** Enclaves de vegetación presentes en el estado.**

Cuadro 6. Comparación entre la riqueza de especies por grupos biológicos respecto al nacional.

Grupo	Especies a nivel país*	Especies en Guanajuato (Sarukhán *et al.* 2009)	Especies compiladas Estudio de Estado	Porcentaje en Guanajuato respecto al nacional
Hongos	7 000	NE	136	2%
Angiospermas	21 015	1 143	2 642	13%
Gimnospermas	150	8	18	12%
Pteridofitas	1 067	104	126	12%
Arañas	5 579	89	46	1%
Chapulines	920	NE	68	7%
Escarabajos	13 195	160	282	2%
Mariposas	14 362	143	119	1%
Peces	2 692	6	38	1%
Anfibios	361	20	25	7%
Reptiles	804	51	81	10%
Aves	1 096	244	366	33%
Mamíferos	535	65	87	16%

NE: No especificado. Fuente: *Sarukhán *et al.*, 2009.

participación de diversas instituciones y autores. El esfuerzo por conocer la biodiversidad estatal apenas inicia y la elaboración del Estudio de Estado constituye una línea base que pretende coadyuvar a la formulación de políticas públicas estatales y acciones encaminadas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad. La siguiente etapa será la formulación de una Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable en Guanajuato, en la que se espera la participación cada vez más entusiasta y activa de investigadores, académicos, tomadores de decisiones y la sociedad civil, para asegurar el mantenimiento de los beneficios tangibles e intangibles derivados de la biodiversidad.

Literatura citada

CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 1992. *http://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02*, última consulta 12 de julio de 2012.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) México.

———. 2000. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*. México.

———. 2006. *Capital natural y bienestar social*, CONABIO, México.

——— y Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. *Cuarto Informe Nacional de México al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB).* México.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.

Mittermeier, R., C. Goettsch y P. Robles Gil. 1997. *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo.* México, Cementos Mexicanos (Cemex).

Sarukhán, J. *et al.*, 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad.* México, CONABIO.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2010. *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3.* Montreal.

Toledo, V.M., 1997. “La diversidad ecológica de México”, en E. Florescano (ed.), *El patrimonio nacional de México*, vol. 1. México, Fondo de Cultura Económica, pp. 111-138.



RESUMEN

María Zorrilla Ramos

Conocer las características físicas de un territorio es el primer paso para comprender los elementos que dan origen y sustento a su diversidad biológica y, de manera paralela, a su uso y aprovechamiento, así como a los retos para su conservación. En este capítulo se presentan los elementos principales del medio físico del estado de Guanajuato relacionándolos con su diversidad biológica.

Localizado en el centro de la República Mexicana, el estado de Guanajuato tiene una superficie aproximada de 30 600 km^2, que equivale a 1.6% de la superficie total del país y en donde hasta el año 2010 habitaban cerca de 5.48 millones de personas, correspondiente a 4.9% de la población del país en ese año. En este contexto cabe preguntarse: ¿cuál y cómo es el espacio que puede albergar la diversidad biológica del estado?, ¿cuál es el estado de estos recursos naturales?

El capítulo consta de seis contribuciones que abarcan los aspectos de localización, superficie, geología, hidrología, climas, suelos, así como la importancia de Guanajuato en la Cuenca Lerma-Chapala que ocupa el 78% del territorio estatal. Comprender estos aspectos es fundamental para el entendimiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales del estado, tanto en lo relativo a su contexto nacional, como a las diferencias al interior de la entidad. Destacan algunos elementos que son críticos tanto para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, como para el desarrollo socioeconómico del estado: de los 13 acuíferos que hay en Guanajuato, 10 presentan déficit de recarga; hay importantes alteraciones en la calidad del agua, tanto subterránea como superficial; el 68.4% de los suelos del estado presenta un grado de erosión que va de severa a muy severa, lo cual coloca el tema del mejoramiento y restauración de suelos agrícolas y forestales como una prioridad para la entidad.

Una reflexión importante que deriva de este capítulo es que el estado ha contado con condiciones privilegiadas, tanto en lo referente a su localización, relieve y clima, con presencia de recursos naturales diversos que incluyen: recursos minerales, ríos, acuíferos, suelos, así como a una diversidad biológica importante. No obstante, una visión muy específica de desarrollo económico ha llevado a la entidad a condiciones de daño ambiental que hoy se consideran graves. En este sentido, el gran reto para Guanajuato es detener y, de ser posible, revertir los procesos históricos de deterioro con el fin de asegurar la conservación de su capital natural.

Dadas las características de este estudio se trata de una introducción a la comprensión de la relación entre los elementos ambientales y sociales del paisaje, así como una invitación a profundizar en el entendimiento de sus dinámicas e interrelaciones.

Trazos de Magia (fotografía de Ignacio A. Ponce Ornelas, Concurso de Fotografía "La Biodiversidad de Guanajuato: Capturando su Grandeza" 2010).

LOCALIZACIÓN Y SUPERFICIE

José Isidro Cuevas Carrillo | María Zorrilla

El estado de Guanajuato se localiza en la parte central de los Estados Unidos Mexicanos. Es una de las entidades federativas de la región Centro-Occidente del país[1]; colinda al norte con los estados de San Luis Potosí y Zacatecas; al oriente, con Querétaro de Arteaga; al poniente, con Jalisco y al sur, con Michoacán de Ocampo (figura 1).

El territorio del estado de Guanajuato abarca 30 613 km² y está distribuido en 46 municipios (figura 2), cuya distribución territorial se presenta en el cuadro 1. San Felipe es el municipio con mayor superficie y Pueblo Nuevo, el de menor extensión. La superficie del estado representa 1.6% de la superficie total del país. Como se aprecia en el cuadro 1, cuatro municipios de la entidad concentran poco más de 26% del territorio: San Felipe, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo y Pénjamo.

El perímetro de la entidad es de 1 371 km. Las coordenadas extremas que enmarcan el territorio guanajuatense son: 21° 51' y 19° 55' latitud N, y 99° 40' y 102° 06' longitud O (Inegi, 2009). En este territorio habitaban, en el año 2010, un total de 5 486 372 habitantes (Inegi, 2011), lo cual equivale a una densidad poblacional de 179 hab/km².

Su rango altitudinal se sitúa entre los 640 msnm, elevación que se localiza en el municipio de Xichú en colindancia con el estado de San Luis Potosí y otra con elevación de 680 msnm, que se ubica en la localidad de El Platanal, del mismo municipio, situada en las márgenes del río Santa María, región que forma parte de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato; y los 3 320 msnm, que se localiza en el cerro del Zamorano, en el municipio de Tierra Blanca, dentro del Área Natural Protegida de carácter estatal Pinal del Zamorano; la localidad más cercana a dicha elevación se denomina La Piedra Larga. Derivado de lo anterior, es importante resaltar que las zonas con menor y mayor elevación se localizan en la región noreste del estado (figura 3).



En Guanajuato también (fotografía de Edgar González M., Concurso de Fotografía Cuidemos Nuestros Humedales, iee, 2010).

[1] La Región Centro-Occidente del país (o mesorregión Centro-Occidente), de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (fiderco, 2005) actualmente se define por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí, Querétaro y Zacatecas.

Cuevas, J.I. y M. Zorrilla. 2012. "Localización y superficie" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 28-37.

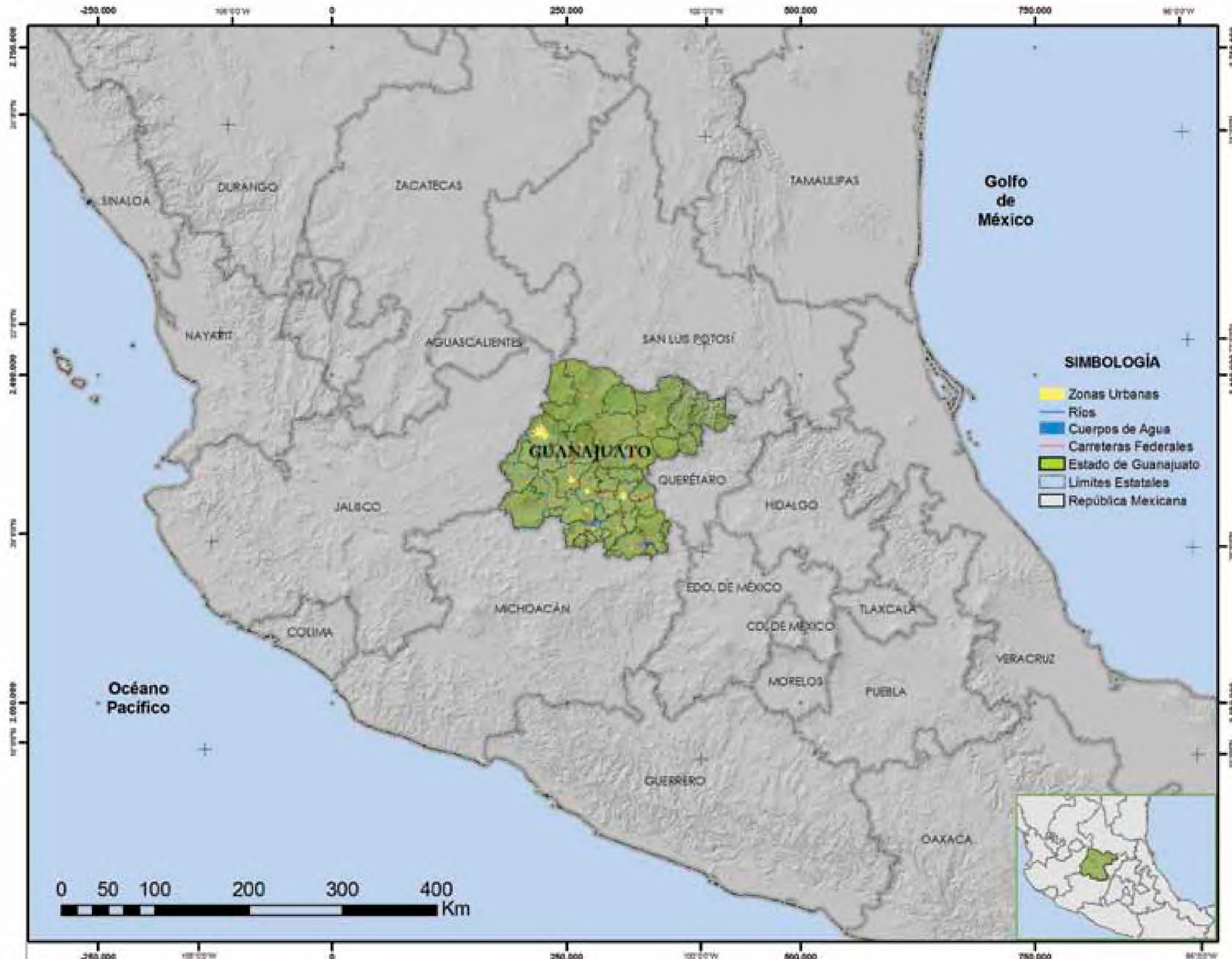


Figura 1. Localización del estado de Guanajuato.

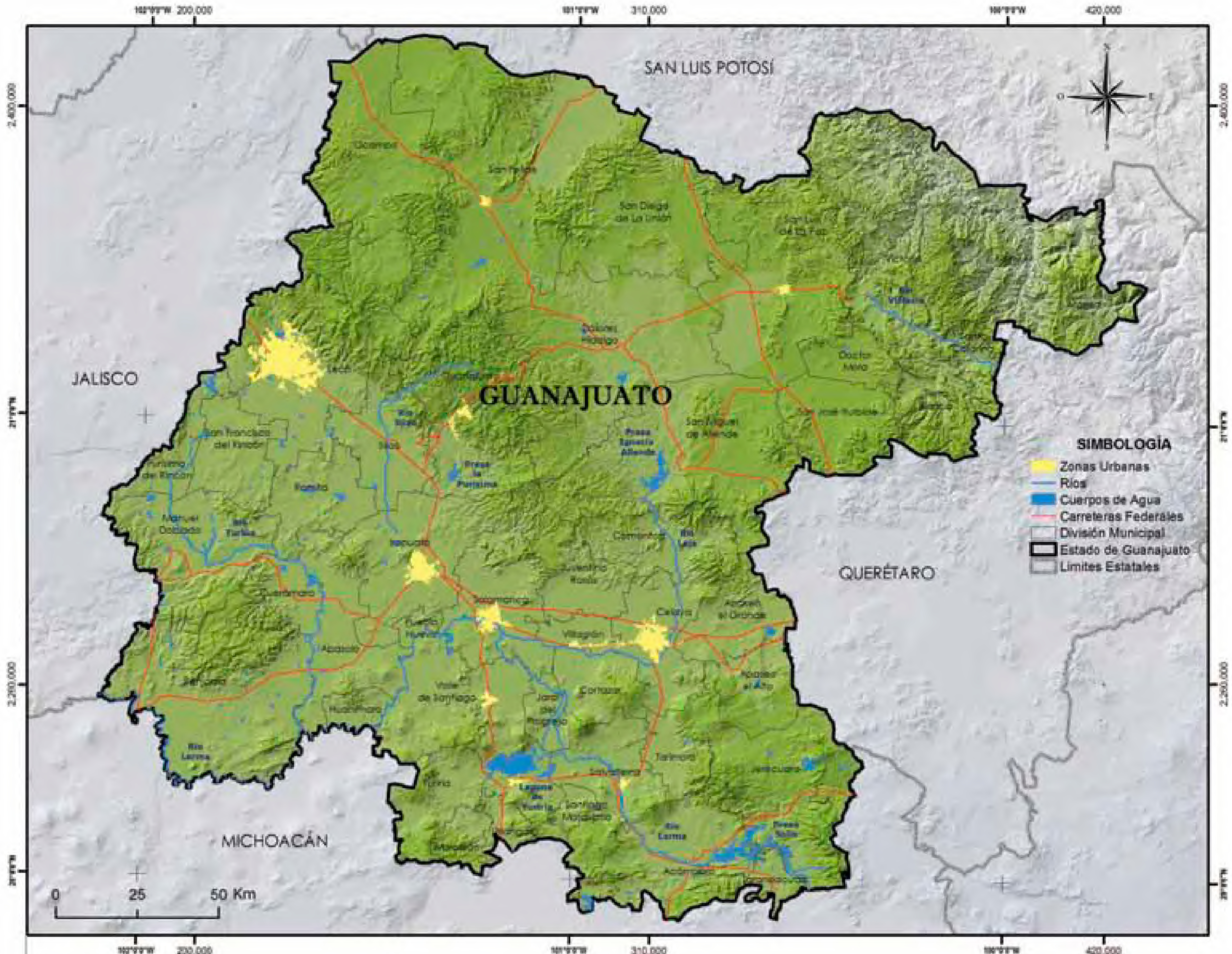


Figura 2. División municipal del estado de Guanajuato. Fuente: Inegi, 2005. Marco Geoestadístico Estatal de Guanajuato.

Cuadro 1. Porcentaje de superficie estatal por municipio.

Clave estado-municipio	Municipio	Superficie (ha)	Porcentaje de territorial por municipio
11001	Abasolo	61 501.02	2.01
11002	Acámbaro	87 729.71	2.87
11004	Apaseo el Alto	37 575.30	1.23
11005	Apaseo el Grande	41 927.37	1.37
11006	Atarjea	32 200.46	1.05
11007	Celaya	55 315.86	1.81
11009	Comonfort	48 533.12	1.59
11010	Coroneo	12 377.52	0.40
11011	Cortazar	33 420.50	1.09
11012	Cuerámaro	26 045.77	0.85
11013	Doctor Mora	23 078.37	0.75
11014	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nal.	165 620.51	5.41
11015	Guanajuato	101 489.03	3.32
11016	Huanímaro	12 760.64	0.42
11017	Irapuato	85 185.41	2.78
11018	Jaral del Progreso	17 658.20	0.58
11019	Jerécuaro	88 306.92	2.88
11020	León	122 141.67	3.99
11008	Manuel Doblado	82 084.24	2.68
11021	Moroleón	15 907.97	0.52
11022	Ocampo	102 668.81	3.35
11024	Pueblo Nuevo	6 010.58	0.20
11025	Purísima del Rincón	29 079.30	0.95
11023	Pénjamo	156 304.09	5.11
11026	Romita	44 161.50	1.44
11027	Salamanca	75 674.15	2.47
11028	Salvatierra	59 243.18	1.94
11029	San Diego de la Unión	101 438.39	3.31
11030	San Felipe	300 781.56	9.83
11031	San Francisco del Rincón	42 644.65	1.39
11032	San José Iturbide	54 770.78	1.79
11033	San Luis de la Paz	202 914.53	6.63
11003	San Miguel de Allende	155 868.73	5.09
11034	Santa Catarina	19 423.90	0.63
11035	Santa Cruz de Juventino Rosas	42 854.82	1.40
11036	Santiago Maravatío	8 414.17	0.27
11037	Silao	53 904.27	1.76
11038	Tarandacuao	11 993.46	0.39
11039	Tarimoro	33 392.79	1.09
11040	Tierra Blanca	41 059.14	1.34
11041	Uriangato	11 578.75	0.38

Cuadro 1. Continuación.

Clave estado-municipio	Municipio	Superficie (ha)	Porcentaje de territorial por municipio
11042	Valle de Santiago	82 099.01	2.68
11043	Victoria	104 643.50	3.42
11044	Villagrán	12 880.27	0.42
11045	Xichú	89 830.01	2.93
11046	Yuriria	66 863.41	2.18

Fuente: Inegi. 2005. Marco Geoestadístico Estatal de Guanajuato.

Regiones

Como en todos los territorios, existen criterios diferentes para establecer las regionalizaciones, en este sentido, tanto en el presente capítulo como en los subsiguientes, las diferentes contribuciones pueden presentar regionalizaciones adecuadas a su objeto de estudio, sin embargo, como introducción general al territorio estatal, se tomó la regionalización ecogeográfica basada en estructuras geológicas de segundo orden, unidades predominantes de suelos, microclima, subregión hidrológica y provincia biótica de la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue), desarrollada en el Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato (1999), que divide al estado en cuatro grandes regiones ecológicas que pueden ser claramente identificadas en la figura 4.

1. Sierras y Altiplanicie de la Mesa Central Guanajuatense. Esta región involucra la sierra que atraviesa el territorio del estado, desde el Bajío hacia el norte, además de la denominada Mesa del Centro, que corresponde a la altiplanicie árida que se extiende al noroeste del estado en los límites con los estados de Jalisco, San Luis Potosí y el estado de Zacatecas. Incluye los municipios de Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión, Dolores Hidalgo, Guanajuato, San Miguel de Allende, San José Iturbide, Doctor Mora y Tierra Blanca, casi la totalidad de Comonfort, así como la parte norte del municipio de León, la parte sur de los municipios de San Luis de la Paz y Victoria, y parte de Irapuato, Salamanca, Santa Cruz de Juventino Rosas y Silao. Esta región ocupa 47.64% del estado y se caracteriza por su orografía de sierras, valles y cañadas, en las que las actividades mineras han florecido desde le época colonial. Entre sus principales elevaciones destacan la Sierra de Santa Rosa, la Sierra de Lobos, la Sierra del Ocote, la Sierra de Jacales, la Sierra Cuatralba, la Sierra de Santa Bárbara, la Sierra del Cubo, la Sierra de las Codornices y la Sierra del Picacho. La altitud de la región está entre los 2 000 y los 2 800 msnm (Inegi, 1999).[2]

2. Sierra Gorda. Se localiza al noreste del estado y colinda con los estados de San Luis Potosí y Querétaro; abarca el territorio de los municipios Xichú, Atarjea, Santa Catarina y la parte norte de los municipios San Luis de la Paz y Victoria. Ocupa 8.92% del territorio estatal y es la región con mayor grado de conservación de la diversidad en el estado, ya que ha sido de las menos impactadas (a diferencia del resto) por las actividades humanas, con una altitud de entre 640 msnm y 2 530 msnm.

3. El Bajío.[3] Es una región que incluye a los municipios asentados en una planicie con pocas elevaciones inmersa dentro de la Mesa Central Guanajuatense y que ocupa aproximadamente 26.89% del estado. Tradicionalmente, se le ha considerado como una zona de alta importancia para las actividades agropecuarias y alguna vez

[2] Continuo de curvas de nivel cada 10 y 20 metros a partir de la cartografía 1:50 000 del estado (Inegi, 1999).
[3] El Bajío, como región, puede ser definido de muchas maneras, a lo largo de este libro se encontrarán varias de estas definiciones, por ejemplo, económica y productivamente abarca hasta el municipio de León (Téllez Valencia, 2009); históricamente, tiene otras acepciones (Sánchez Rodríguez, 2005). Hay quienes de manera general equiparan a Guanajuato con el Bajío.

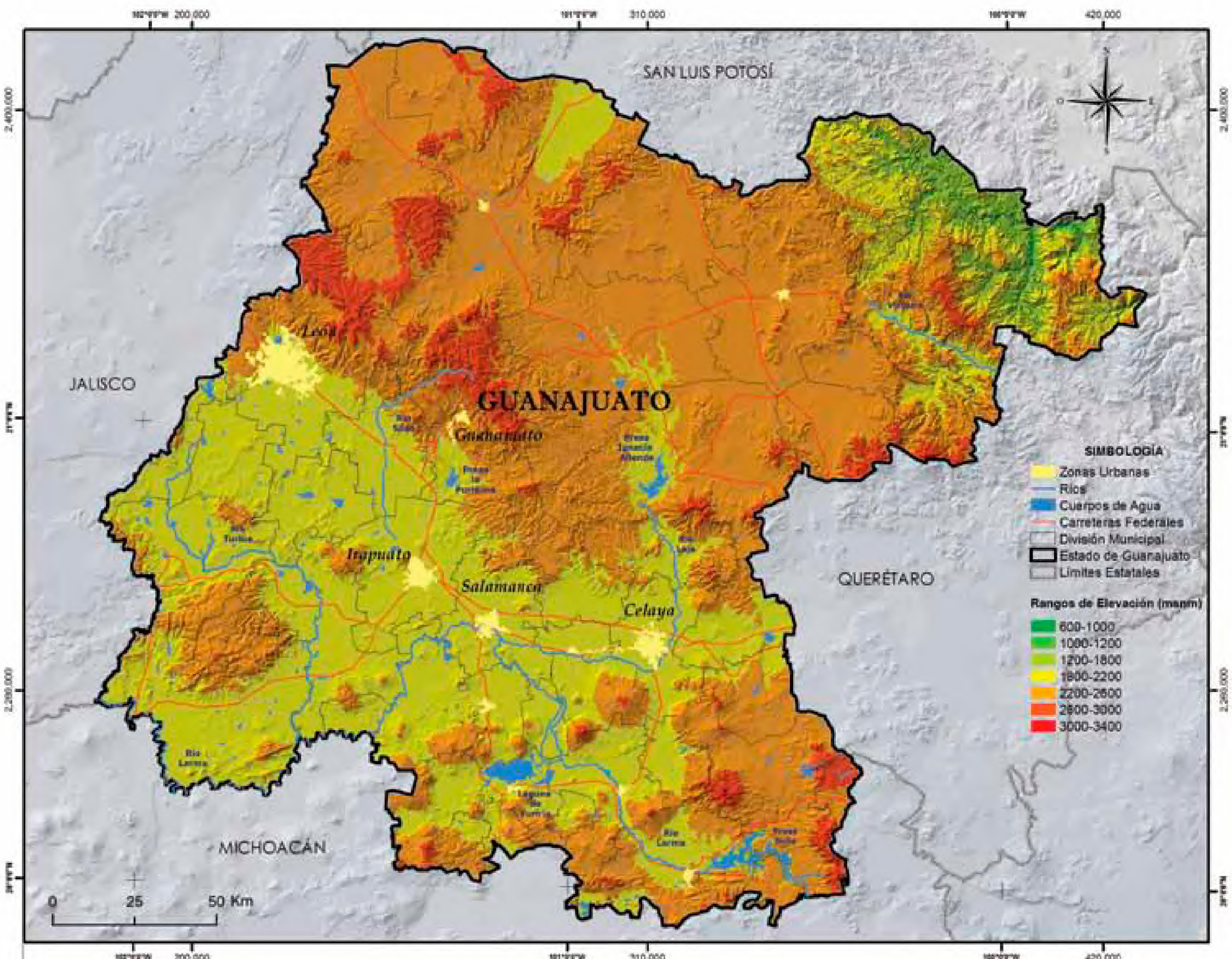


Figura 3. Rangos de altitud del estado de Guanajuato. Fuente: Inegi. 2005. Marco Geoestadístico Estatal de Guanajuato.

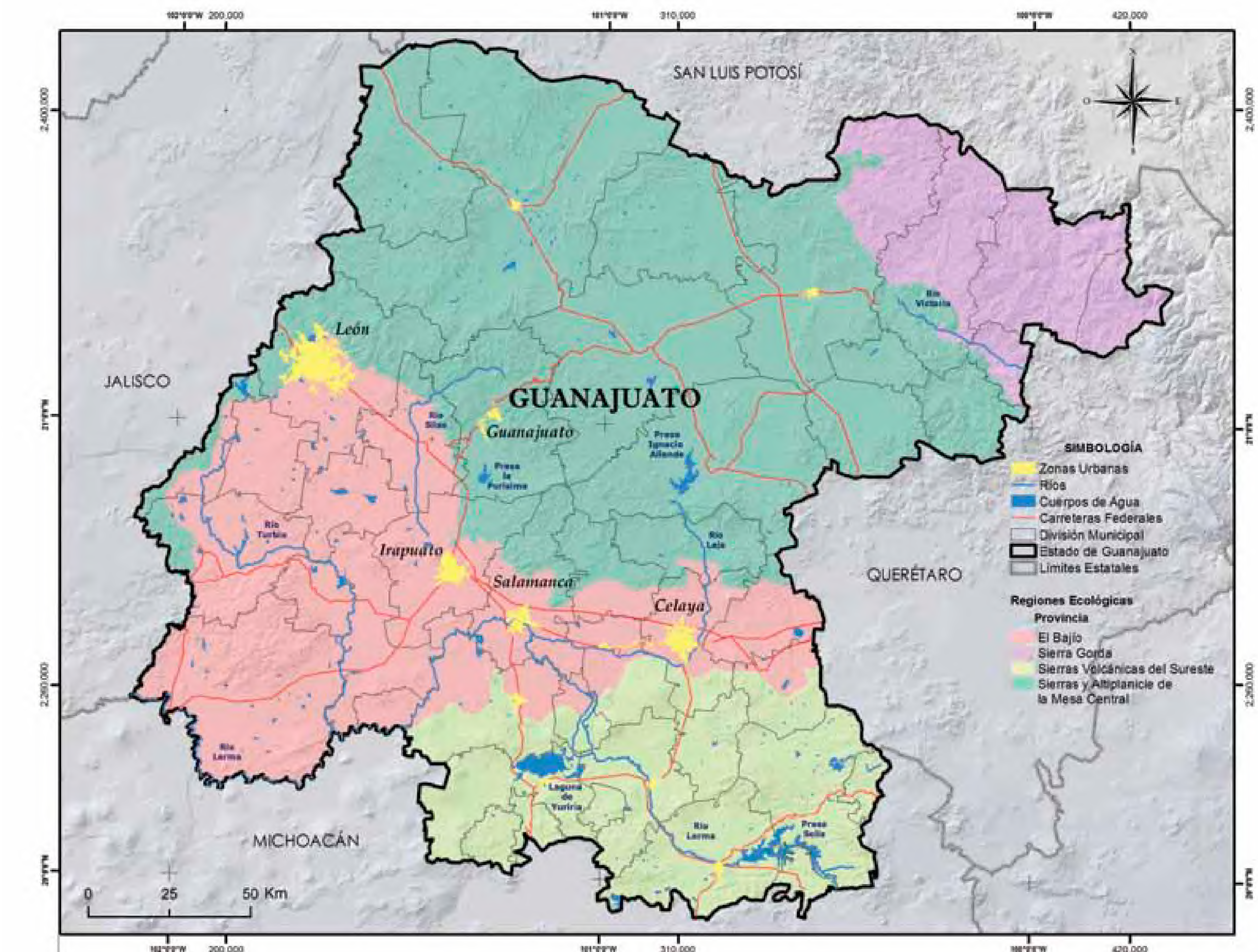


Figura 4. Regiones ecológicas del estado. Fuente: Bataillon, 1988; IEE 1999.

se consideró "el granero de México" (Téllez-Valencia, 2009), aunque, en la actualidad, las actividades industriales han florecido también en la región, ligadas a la importante infraestructura de comunicaciones que se da alrededor de la carretera 45, eje fundamental de comunicación de la región Centro-Occidente de México. Abarca los municipios de Pénjamo, Abasolo, Cuerámaro, Huanímaro, Manuel Doblado, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, la parte sur de León, Romita, Silao, Pueblo Nuevo, la parte sur de Irapuato y de Salamanca, Villagrán, Apaseo el Grande y parte de los municipios de Cortazar, Celaya, Apaseo el Alto, Santa Cruz de Juventino Rosas, Comonfort y Valle de Santiago. En las partes planas, el Bajío tiene una altitud de entre 1 670 y 1 800 msnm, sin embargo, sobresalen también las elevaciones del cerro del Culiacán, una parte de la Sierra de los Agustinos, la Sierra de Pénjamo, así como el Río Turbio y sus afluentes: el río Guanajuato y el río Silao.

4. Sierras Volcánicas del Sureste Guanajuatense. Se ubica en la parte sur del estado y se trata de la región donde comienza su trayectoria el río Lerma por la entidad, en la colindancia con el estado de Michoacán y con el estado de Querétaro. Representa aproximadamente 16.5% de la superficie estatal y abarca la parte sur de los municipios de Valle de Santiago, Jaral del Progreso, Cortazar, Celaya y Apaseo El Alto, Yuriria, Moroleón, Uriangato, Santiago Maravatío, Salvatierra, Acámbaro, Tarimoro, Jerécuaro, Tarandacuao y Coroneo. La altitud va de los 1 800 a los 2 000 msnm y es en esta región donde se ubican la Laguna de Yuriria y la Presa Solís, cuerpos de agua de alta relevancia en la entidad; además, colinda al sur con el Lago de Cuitzeo perteneciente a Michoacán. En esta región sobresale la Sierra de los Agustinos y las Siete Luminarias de Valle de Santiago, que son volcanes enanos con cuerpos de agua en su interior.

Principales rasgos geográficos

Si bien, en las siguientes contribuciones se tocan de manera específica temas de fisiografía e hidrografía de la entidad, de manera general, los principales rasgos geográficos que se identifican en el estado se muestran en los cuadros 2 y 3.

Finalmente, hay que enfatizar que esta breve introducción a la localización, la superficie y los principales rasgos geográficos de la entidad da lugar a las condiciones físicas y ambientales que se desarrollan en este diagnóstico de la biodiversidad, pero también han sido fundamentales para detonar la manera en la que se ha dado históricamente el uso y el aprovechamiento del territorio y sus recursos tanto minerales como naturales (figura 5), los que han sido explotados por siglos para beneficio no sólo de la entidad, sino del país en su conjunto. En este sentido, el conocimiento, el uso y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad en Guanajuato es una perspectiva nueva para el estado, de ahí la importancia del diagnóstico que aquí se presenta.

Cuadro 2. Principales sierras y elevaciones.

Nombre	Municipios donde se localiza	Altitud (msnm)
Sierra de los Agustinos	Acámbaro, Jerécuaro y Tarimoro	3 110
Sierra del Cubo	San Felipe y San Diego de la Unión	2 880
Sierra de Lobos	León, San Felipe y Ocampo	2 850
Sierra de Santa Rosa	Guanajuato	2 850
Sierra de Pénjamo	Manuel Doblado, Cuerámaro y Pénjamo	2 800
Sierra de Cuatralba	San Felipe	2 760
Sierra de Jacales	Ocampo	2 580
Cerro Pinal del Zamorano	San José Iturbide y Tierra Blanca	3 320
Cerro Azul	Jerécuaro	2 980
Cerro el Grande	San Felipe	2 930
Cerro el Picacho	San Miguel de Allende	2 830
Cerro los Amoles	Moroleón	2 820
Cerro el Gigante	León	2 740
Cerro del Cubilete	Silao	2 580
Cerro del Fuerte	Cuerámaro	2 510

Fuente: Elaboración propia con base en IEE 1999.

Cuadro 3. Principales ríos y cuerpos de agua del estado de Guanajuato.

Nombre	Longitud (metros) Superficie (ha)	Municipios donde se localiza
Río Lerma	394 360 m	Tarandacuao, Acámbaro, Salvatierra, Jaral del Progreso, Valle de Santiago, Huanímaro, Abasolo y Pénjamo
Río Turbio	176 921 m	León, San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón, Manuel doblado, Cuerámaro, Abasolo y Pénjamo
Río Laja	209 393 m	Salamanca, Cortazar, Celaya, Comonfort, San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo y San Felipe
Río Silao	68 379 m	Silao, Guanajuato
Río Victoria	18 842 m	Victoria y Santa Catarina
Río Santa María	70 397 m	San Luis de la Paz, Victoria y Xichú
Laguna de Yuriria	4 799.59 ha	Yuriria
Presa de Solís	5 147.23 ha	Acámbaro
Presa del Palote	274.65 ha	León
Presa de Mariano Abasolo	1 963 ha	Pénjamo
Presa Ignacio Allende	465 ha	San Miguel de Allende
Presa La Purísima	406.3 ha	Guanajuato

Fuente: Elaboración propia con base en IEE 1999.

Literatura citada

Bataillon, C. 1988. *Las regiones geográficas de México*. Siglo XXI Editores.

Fiderco (Fideicomiso para el desarrollo de la región Centro-Occidente). 2005. *http://centroccidente.org.mx/*, última consulta, enero de 2011.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). *Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato*.

———. 2009. Sistema de Monitoreo Ambiental de los Recursos Naturales del Estado de Guanajuato. Síntesis de resultados 1970-2004. *Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato*.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1999. Mapas topográficos digitales escalas 1:50000 y 1:250000.

———. 2005. Marco Geoestadístico Estatal de Guanajuato.

———. 2009. *Anuario Estadístico de Guanajuato*, tomo I.

———. 2011. *Resultados Preliminares del Censo de Población y Vivienda* 2010.

Sánchez Rodríguez, M. 2005. *El mejor de los Títulos: Riego, Organización Social y Administración de recursos hidráulicos en el Bajío Mexicano*. El Colegio de Michoacán/Gobierno del Estado de Guanajuato/CEAG (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato).

Téllez-Valencia, C. 2009. *Modernas localizaciones industriales y organización difusa*. El Colegio de Michoacán.

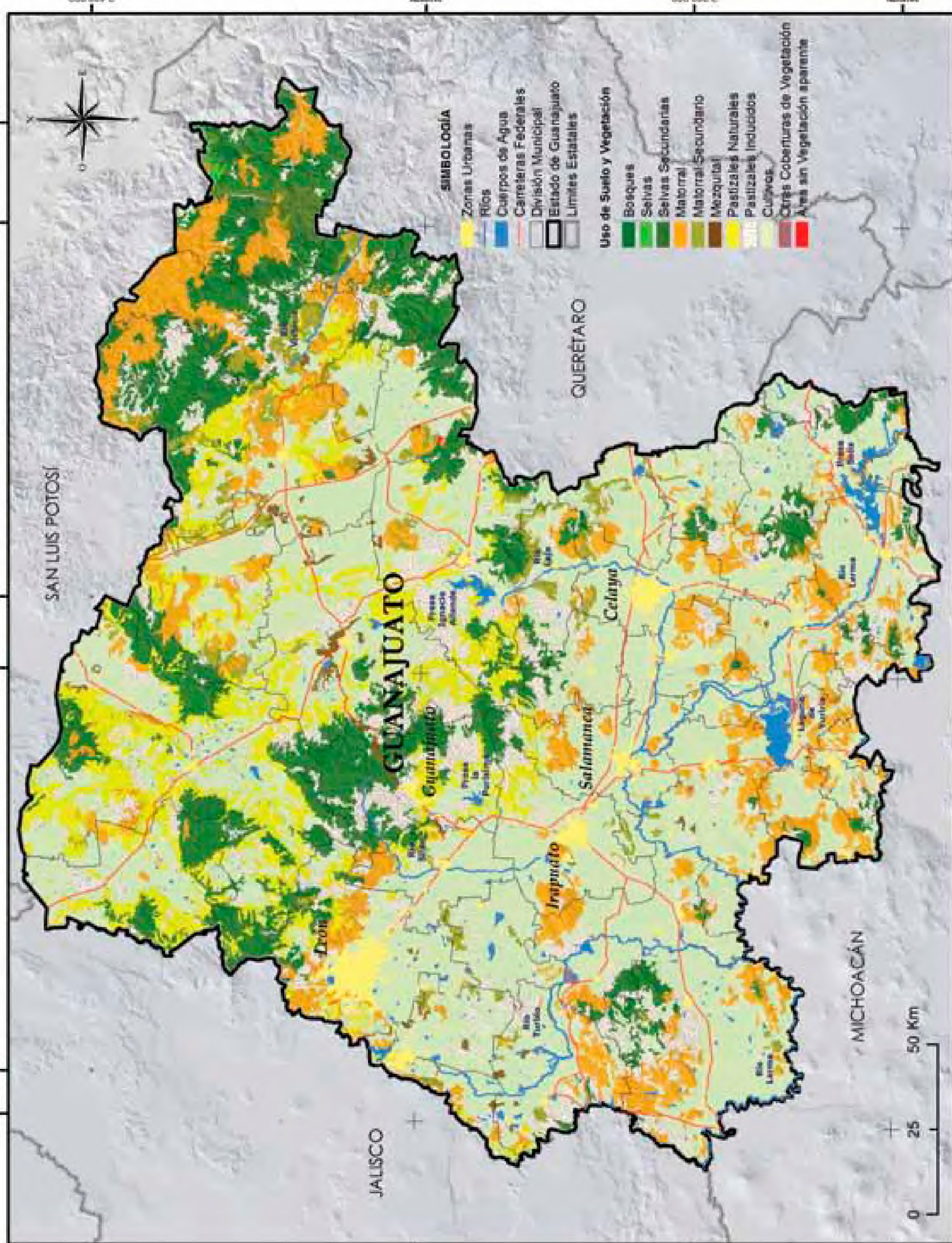


Figura 5. Uso de suelo y vegetación del estado 2004. Fuente: IEE, 2009.

FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

Víctor Ramón Oliva Aguilar

Introducción

En este apartado se hace una descripción general de las condiciones fisiográficas y geológicas del estado de Guanajuato. En primer lugar, se menciona el aspecto fisiográfico que se refiere a la clasificación de las diferentes unidades del relieve de acuerdo a sus características de formación, así como la manera en la que está dividida; después, se hace una descripción general de las condiciones evolutivas geológicas del estado, partiendo de la geología histórica y estructural; posteriormente, se describe el aspecto geológico de los principales tipos de roca que se localizan en el estado, así como qué provincias se limitan, mientras que en términos estratigráficos se mencionan las características de las diferentes secuencias de depósitos de rocas y sus edades relativas; por último, en la sección de geología económica, se hace referencia a los principales productos minerales con los que cuenta el estado para su explotación y una exploración de su importancia.



El rincón de la tranquilidad (fotografía de José Adrián Ibarra Buenrostro, Concurso de Fotografía Cuidemos Nuestros Humedales, IEE, 2010).

Oliva, V.R. 2012. "Fisiografía y geología" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), 38-45.

Fisiografía

En el territorio estatal se localizan tres provincias fisiográficas: en la porción nororiental, la Sierra Madre Oriental; en la parte norte-central, la Mesa del Centro, y en la parte centro-sur, Eje Neovolcánico Transversal (Faja Volcánica Transmexicana o Cinturón Volcánico Mexicano (figura 1). Éstas, a su vez, se dividen en subprovincias que se mencionarán a continuación (García y Lugo, 2000).

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental es un conjunto de sierras menores de estratos plegados. Estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias marinas (del Cretácico y del Jurásico Superior), entre las que predominan las calizas y, en segundo término, las areniscas y las lutitas. Representada por la subprovincia de la Sierra Gorda, que abarca el municipio de Atarjea y parcialmente los municipios de Xichú, Victoria y San Luis de la Paz.

La subprovincia de la Sierra Gorda abarca 5.37% de la superficie total de la entidad. Presenta dos sistemas de topoformas: el primero de valles ramificados profundos alternados con sierras de la misma subprovincia, y el segundo formado por una sierra alta con cumbres de laderas rectas.

En la provincia fisiográfica de la Mesa Central se localizan los municipios de Ocampo, San Felipe, Dolores Hidalgo, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, San José Iturbide, Doctor Mora, Tierra Blanca, Santa Catarina y parcialmente los municipios de León, Silao, Guanajuato, Irapuato, Salamanca, Santa Cruz de Juventino, Comonfort y Allende. La caracterizan amplias llanuras interrumpidas por diferentes elevaciones de montañas dispersas, en su mayoría de origen volcánico. Esta provincia está representada en la entidad por las subprovincias: los Llanos de Ojuelos y las Sierras del Norte de Guanajuato.

La subprovincia Llanos de Ojuelos se localiza en la parte noroeste del estado. Es una amplia llanura en la que aparecen dos sistemas de topoformas diferentes: lomeríos de pie de monte o aislados y sierras pequeñas escarpadas de naturaleza volcánica (riolita). Esta región, que abarca parte de los municipios de Ocampo y San Felipe, representa aproximadamente 3.7% de la superficie total de la entidad.

La subprovincia de las Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato cubren totalmente los municipios de San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, Doctor Mora, Santa Catarina, San Miguel de Allende, San José de Iturbide y Tierra Blanca, y partes importantes de los municipios de Victoria, Guanajuato, Comonfort y Santa Cruz de Juventino Rosas. Ocupa casi 38% de la superficie total de la entidad. En términos generales, las llanuras y las mesetas de erosión quedan prácticamente al centro de la subprovincia y representan alrededor de un tercio de su área guanajuatense. Se encuentran casi totalmente rodeadas por sierras, sierritas, mesetas lávicas y lomeríos asociados. Presenta una litología complicada, constituida por varios tipos de roca volcánica con altos contenidos de sílice, basalto y rocas ígneas ácidas asociadas con aluviones antiguos.

La provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal es una gran extensión; en el estado de Guanajuato se divide en cinco subprovincias: Bajío Guanajuatense, Altos de Jalisco, las Sierras Volcánicas y Bajíos Michoacanos, los Llanos de Querétaro y, por último, las Sierras y Lagos del Centro. Esta provincia abarca los municipios de Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, Manuel Doblado, Pénjamo, Romita, Cuerámaro, Abasolo, Huanímaro, Pueblo Nuevo, Valle de Santiago, Yuriria, Moroleón, Uriangato, Villagrán, Jaral del Progreso, Santiago Maravatío, Cortazar, Salvatierra, Celaya, Tarimoro, Acámbaro, Apaseo el Grande, Apaseo el Alto, Jerécuaro, Tarandacuao, Coroneo y parcialmente a los municipios de León, Silao, Guanajuato, Irapuato, Salamanca, Santa Cruz de Juventino Rosas, Comonfort y San Miguel de Allende. Esta provincia está conformada por una enorme masa de rocas volcánicas de todo tipo, acumulada en diversos y sucesivos episodios volcánicos.

La subprovincia del Bajío Guanajuatense es una gran llanura, interrumpida por relativamente pocas sierritas volcánicas. Los sistemas de topoformas que se encuentran en esta zona son: llanuras de aluviones profundos, llanuras con tepetate, sierras de cumbres escarpadas, sierras de laderas tendidas, mesetas con lomeríos y lomeríos aislados.

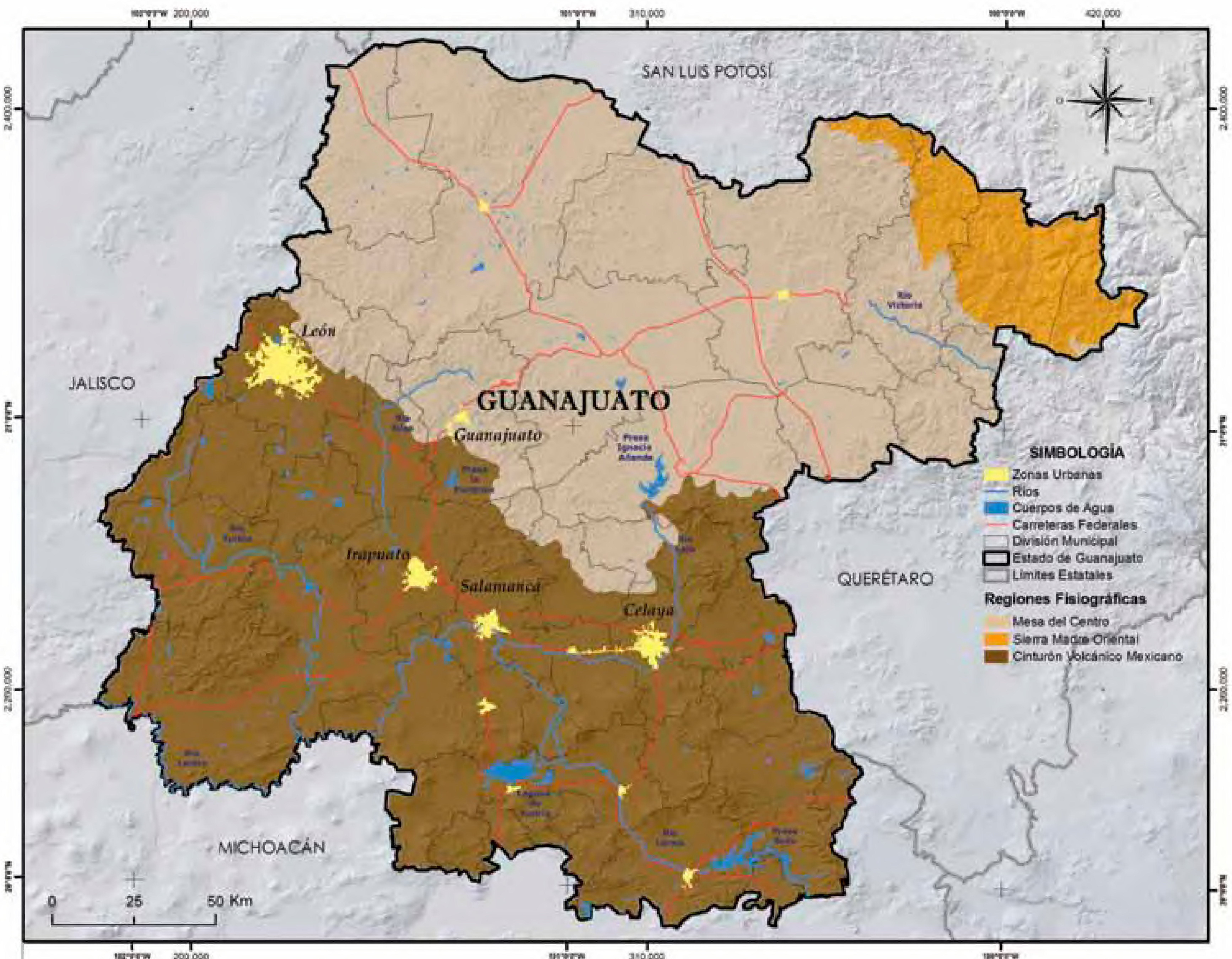


Figura 1. Ubicación de las regiones fisiográficas del estado de Guanajuato. Fuente: García y Lugo, 2000.

La subprovincia Sierras y Bajíos Michoacanos ocupa el segundo lugar dentro de la provincia en términos de superficie y cubre 13.64% del estado, abarca totalmente los municipios de Moroleón, Salvatierra, Santiago Maravatío, Uriangato y Yuriria, y parte de los de Acámbaro, Celaya, Cortazar, Jaral del Progreso, Pénjamo, Tarimoro y Valle de Santiago. La subprovincia está constituida por dos escudo-volcanes basálticos fusionados, situados al sur de Celaya y de Cortazar; una sierra basáltica de laderas tendidas al sur de Pénjamo; una gran sierra asociada con lomeríos y llanos que se extiende al suroeste del Valle de Santiago y un pequeño conjunto de cráteres.

La subprovincia de los Altos de Jalisco penetra en el estado de Guanajuato por el oeste y es la topoforma que principalmente constituye a la Sierra de Pénjamo, la que ocupa 4.4% de la superficie estatal. Está constituida por una sierra de cumbres escarpadas, un conjunto de mesetas lávicas y, en la porción oriental, un pequeño grupo de lomeríos altos.

La subprovincia de Llanos y Sierras de Querétaro es una pequeña parte del suroeste del estado y presenta los siguientes sistemas de topoformas: escudo-volcanes, lomeríos con llanos y bajíos aislados. En estos tres sistemas de topoformas se presentan varios tipos de suelos cuya distribución depende de la geología y topografía local.

La subprovincia Sierra Volcánica y Lagos del Centro se ubica en el estado en la parte del extremo sur-oriental y representa 4.1% de la superficie de Guanajuato; se caracteriza por sus sierras volcánicas, altas y escarpadas, coronadas con frecuencia por escudo-volcanes.

Geología histórica y estructural

En este parte se hace una descripción de las diferentes etapas evolutivas que han ocurrido en el estado para que asumiera su forma actual, así como las diferentes estructuras geológicas creadas por este proceso evolutivo y que son factor para el relieve del estado.

En el estado se localizan los tres tipos de rocas: ígneas (originadas por la actividad volcánica), sedimentarias (originadas por la acumulación y cementación de sedimentos) y metamórficas (que se originan por la alteración de las primeras por una presión y temperatura), en donde las más antiguas son del Mesozoico, entre las que se encuentran, también, rocas de origen más reciente, tanto del Terciario como del Cuaternario. Dichas rocas se formaron por dos dominios: el del Pacífico, que predomina en la mayor parte del estado, de origen volcánico y ambiente de arco-continental; y el otro de origen sedimentario marino de un ambiente geotectónico de plataforma (CRM, 1992; Ortega *et al.*, 1992).

Se infiere que el origen de este estado data del Cretácico Inferior y que probablemente se prolonga hasta el Jurásico Superior. La cronología del origen se establece fundamentalmente en cuatro etapas de deformación: a) inicio de la depositación de sedimentos para la formación del estado de una edad pre-Albiana; b) deformación (origen de montaña) Laramídica; c) compresiva (compactación) afectando las rocas de edades del Mesozoico y Terciario; y d) deformación distensiva (estiramiento), afectando rocas miocénicas y dando origen a los grabens (zonas donde ocurre que la parte central se hunde) de la región y fallas de fuerte echado (CRM, 1992; Ferrari *et al.*, 2000).

En general, históricamente se puede decir que los principios del estado son de una edad Albiano-Cenomaniano con una sedimentación de plataforma (zonas cercanas a la costa), constituida por calizas fosilíferas, y que durante la edad del Campaniano se da una actividad orogénica (origen de montañas) del Pacífico y como resultado existe sedimentación marina, es decir, una serie constante de capas de rocas sedimentarias marinas.

Durante la orogenia Laramídica existe un emplazamiento de los batolitos (estructuras de origen volcánico) de Comanja-Arperos, de Mangas y de Irámuco, así como la formación de pequeños troncos y diques. A finales del Eoceno y principios del Oligoceno, prevalece la depositación de lechos rojos continentales en cuencas estructurales de tipo graben.

Desde el Oligoceno hasta el Plioceno se presentó actividad volcánica que fue de gran importancia para la acumulación de minerales; esta actividad tuvo como resultado la depositación de tobas, derrames y material piroclástico de composición riolítica, andesítica y dacítica. El Plioceno

se caracteriza por una facie clástica y por derrames basálticos que se extienden hasta el Cuaternario. Finalmente, en el Cuaternario existen depósitos de relleno de valles, planicies y cuencas intracontinentales (Demat y Silva, 1976).

En general, con respecto a la geología estructural en el estado, existen grandes zonas alineadas, las cuales infieren las estructuras de tipo grabens, calderas, fallas regionales, zonas con sistemas de lineamientos y curvilineamientos, las cuales se asocian a las diferentes unidades litológicas. Por ejemplo, en el estado se puede visualizar en imágenes de satélite las diferentes estructuras, como son: el graben de la Sierra de San Felipe-El Cubo y Penjamillo, la caldera de Dolores Hidalgo y de Amealco, el sistema de lineamientos y curvilineamientos del Sistema de Guanajuato, Sierra de León, Área de Puruagua-Jerécuaro y, por último, el Rift de Chapala-Tula (Johnson y Harrison, 1990; CRM, 1992; Ferrari *et al*., 1994).

Geología

Las rocas más antiguas en la entidad se localizan en la parte norte y corresponden a metamórficas del Triásico-Jurásico, con secuencia sedimentaria de plataforma del Cretácico y, las que constituyen la mayoría de las rocas del estado, están cubiertas en discordancia angular por rocas ígneas extrusivas del Cenozoico principalmente del Oligoceno y la cima de la columna está constituida por rocas sedimentarias continentales y derrames basálticos del Terciario y Cuaternario (CRM, 1992; López, 1981) (figura 2).

Es importante mencionar que en el estado existen tres Provincias Geológicas, que son: *a*) Faja Ignimbrítica Mexicana de edad cenozoica, de origen volcánico y de ambiente geotectónico de tipo arco continental; *b*) Faja Volcánica Transmexicana de edad cenozoica, de origen volcánico y de ambiente geotectónico de tipo arco continental, y *c*) Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas de edad mesozoica, de origen sedimentario marino de ambiente geotectónico de plataforma (Ortega *et al*., 1992; López, 1981).

a. La Faja Ignimbrítica Mexicana (Mesa Central) comprende la porción norte del estado y está limitada al sur por el Eje Neovolcánico y, al oriente, por la Sierra Madre Oriental. En esta provincia se han localizado las rocas más antiguas en el estado: rocas metamórficas del Triásico-Jurásico. Se localizan también rocas sedimentarias del Cretácico y del Terciario y rocas ígneas del Terciario. El Cuaternario está representado por los aluviones que han originado las llanuras y valles existentes en la provincia y por rocas sedimentarias.

b. La Faja Volcánica Transmexicana (Eje Neovolcánico) colinda al norte con la Mesa Central y sus límites se definen por el cambio de morfología de mesetas a vertientes montañosas. Se considera que se trata de una antigua sutura reabierta a finales del Cretácico que formó un sistema volcánico transversal a las sierras Madre Oriental y Occidental. Se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de aparatos volcánicos diversos -conos, calderas y coladas- que en su mayoría han conservado intacta su estructura original.

En dicha provincia existen también gran cantidad de fracturas y fallas asociadas al vulcanismo terciario y cuaternario que han dado lugar a fosas largas, y que han formado lagos como el de Yuriria. En esta provincia se presentan rocas ígneas y sedimentarias del Terciario, así como los aluviones que han llenado valles y llanuras, originando los suelos de esas áreas, los cuales provienen del Cuaternario.

c. El Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas (Sierra Madre Oriental) se caracteriza por su relieve montañoso, causado fundamentalmente por los esfuerzos a que han estado sujetas las rocas sedimentarias del Cretácico que, al plegarse, le dieron su morfología actual. Las rocas de la provincia son calizas del Cretácico Inferior y calizas interestratificadas con capas de lutitas del Cretácico Superior. Del Terciario, y sobreyaciendo a ellas, se hayan rocas ígneas extrusivas ácidas (riolitas e ignimbritas), que a su vez se encuentran cubiertas por rocas ígneas extrusivas básicas (basalto); hay también algunos cuerpos de rocas intrusivas que afectan a las calizas y lutitas del Cretácico Superior.

Estratigrafía

En esta sección se describen las características y edades de los diferentes tipos de roca que existe en el estado, esta descripción se hace considerando las provincias fisiográficas.

Faja Ignimbrítica Mexicana (Mesa Central): está constituida principalmente por rocas volcánicas de tipo riolítico que se presentan como tobas suaves de color gris rosado claro y como ignimbritas duras de color café rojizo. Las rocas riolíticas constituyen las principales elevaciones de la zona y tienden a formar altas mesetas por la manera en que fueron depositadas como lluvia de cenizas, algunas tan calientes que llegaron a soldarse formando ignimbritas. La edad de las rocas riolíticas pertenece al Terciario Medio y Superior y su espesor es de varios cientos de metros (López, 1981).

Los altos valles del norte del estado están ocupados por grandes rellenos aluviales y lacustres, formados por gravas, arenas y arcillas que le dieron a la región el aspecto de grandes planicies.

Descansando sobre la secuencia descrita se observan grandes depósitos de rocas riolíticas de color gris rosado y café rojizo, las cuales tienden a formar extensas mesetas que, además, ocupan las partes más elevadas de la Sierra de Guanajuato.

Faja Volcánica Transmexicana (Eje Neovolcánico): en esta provincia se presentan rocas ígneas y sedimentarias del Terciario, así como los aluviones que han llenado valles y llanuras, que dieron origen a los suelos de esas áreas, los cuales provienen del Cuaternario. Estas unidades se localizan en la parte sur del estado, con afloramiento principalmente de rocas volcánicas de tipo basáltico de color negro, fracturadas, las cuales provienen de grandes aparatos volcánicos de forma cónica que constituyen algunos de los cerros más prominentes de la zona. La edad de estas rocas pertenece al Terciario Superior-Cuaternario. Se especifica por la apariencia de una gran cuantía de aparatos volcánicos diversos -conos, calderas y coladas- que, en su generalidad, han conservado intacta su disposición original. Tienen una serie estratigráfica de depositación de tobas, derrames y material piroclástico de composición riolítica, andesítica y dacítica (Demat y Silva, 1976; López, 1981).

Los amplios valles intermontañosos que constituyen la región del Bajío están rellenos por sedimentos aluviales y lacustres formados por gravas, arenas y arcillas que tienen espesores de cientos de metros, los cuales fueron depositados durante el Terciario Superior-Cuaternario.

Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas (Sierra Madre Oriental): en esta provincia se han localizado las rocas más antiguas en el estado: rocas metamórficas del Triásico-Jurásico. Se trata de calizas del Cretácico Inferior y calizas interestratificadas con capas de lutitas del Cretácico Superior. Están presentes rocas del Terciario como: rocas ígneas extrusivas ácidas (riolitas e ignimbritas), rocas ígneas extrusivas básicas (basalto) y rocas intrusivas que afectan a las calizas y lutitas del Cretácico Superior.

La Sierra Madre Oriental está formada por una serie de pliegues anticlinales (formas en "∩") y sinclinales (formas en "u") de dirección noroeste-sureste coincidente con el rumbo general de la Sierra Madre Oriental, paralela a la zona del Golfo de México. Las rocas que predominan en esta zona son sedimentarias de origen marino, representadas por calizas, lutitas y areniscas en capas bien estratificadas que se presentan intensamente plegadas y que dan lugar a estructuras geológicas muy complejas (López, 1981). Por el tipo de roca, éstas pueden ser disueltas por el agua de lluvia formando sistemas cársticos (zonas cavernosas), posiblemente en la porción nororiental, donde los afloramientos son más extensos.

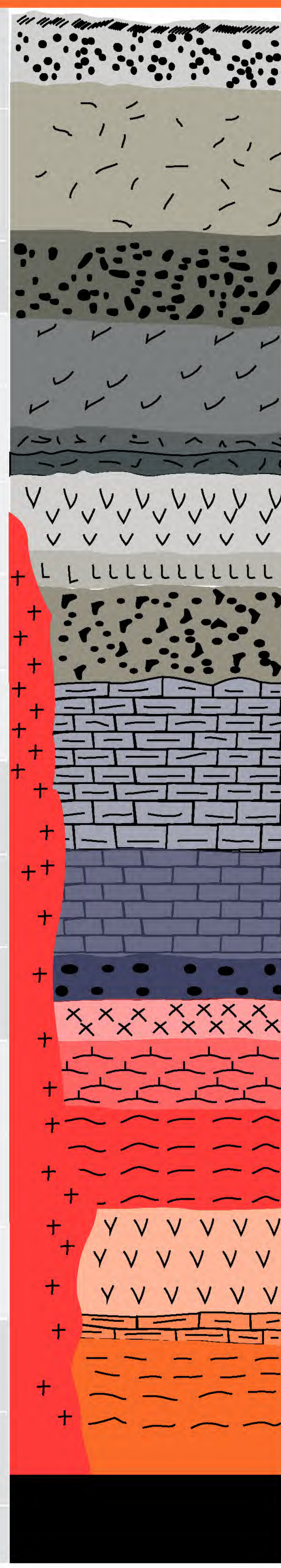
Geología económica

Debido a la conformación histórica de la geología y del elemento tectónico estructural en el estado, se originaron una serie de depósitos de yacimientos minerales, lo que determina al estado como una zona minera potencial e importante en la actualidad y a lo largo de la historia de México.

Guanajuato es un estado minero, por lo que existen una serie de distritos mineros importantes para el país, los cuales fueros establecidos debido a la asociación que hay entre los minerales y los diferentes tipos de roca; los principales distritos son (CRM, 1992):

a. Pozos en San Luis de la Paz, con producción de oro, plata, mercurio, estaño y fosforita, asociados a las lutitas, limolitas, areniscas y pequeños diques dioríticos;

b. Puerto de Nieto, en San Miguel de Allende, con explotación de oro-plata, cobre, plomo y zinc en lutitas y andesitas almohadiformes y diques andesíticos;



Era	Sistema	Serie	Litología
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Suelos orgánicos y depósito de aluvión
		Holoceno	Vulcanismo basáltico y piroclásticos
		Pleistoceno	Depósitos continentales, arenas, tobas y conglomerados
	Terciario	Plioceno	Vulcanismo terciario representado por derrames y tobas riolíticas
		Mioceno	Formación cedros - derrames andesíticos y basálticos Formación calderones - rocas volcánicas piroclásticas
		Oligoceno	Formación bufa - derrames y tobas de composición riolítica Formación losero - areniscas y tobas
		Eoceno	Formación guanajuato - representado por fragmentos de cuarzo, caliza, granito, andesitas - cementado por una matriz arcillosa
		Paleoceno	Formación soyatal - Mezcala alternancia rítmica de calcarenitas, calizas laminadas lutitas y margas
Mesozoico	Cretácico	Superior	
		Medio	Formación el doctor - depósitos sedimentarios marinos del tipo calcareo - arcillosas
		Inferior	Formación - Taraises caliza masiva fosilífera Rocas ultramáficas - Rocas básicas e intermedias
	Jurásico	Superior	Formación trancas - constituida por lutitas, filitas pizarras, esquistos cuarzosos y hornfels
		Medio	Hornfels - rocas metasedimentarias con un grado de silicificación muy alta
		Inferior	Formación La Luz - una sucesión de lavas y en la cima rocas calcareo - arcillosas
	Triásico	Superior	Formaciones Esperanza - está representada hacia la base por lutitas carbonosas y hacia la cima por lutitas, limolitas, lutitas calcareas - intercaladas con derrames andesíticos
		Medio	
		Inferior	

Figura 2. Columna Geológica generalizada del estado de Guanajuato. Fuente: Consejo de Recursos Minerales, 1992.

c. El Realito, en Victoria, con minerales de fluorita y mercurio asociado con calizas y riolitas;

d. La Sierra El Cubo, en San Felipe, con explotación de oro-plata y estaño depositado en andesitas y riolitas;

e. Providencia, en San Felipe, con minerales de oro-plata, estaño y caolín, en lutitas, areniscas, pizarras y riolitas;

f. San Antón de las Minas, en Dolores Hidalgo, con explotación de oro-plata y cobre, asociado en lutitas, pizarras, tronco cuarzomonzonítico y diques dioríticos;

g. La Sierra de León, con minerales de oro-plata y estaño, oro-plata-cobre y zinc, tungsteno, caolín, talco, cuarzo, caliza, manganeso y feldespato, asociado a lutitas, pizarras, hornfels, peridotitas, sienitas, granito;

h. Neutla, en Comonfort, con explotación de caolín en riolitas.

En general, se establece que, en las tres provincias geológicas del estado, hay materiales geológicos que pueden ser usados en la construcción, como son las tobas riolíticas, riolitas, basalto, calizas y arcillas; existen en Guanajuato más de trescientos bancos de material arcilloso, con características para la fabricación de ladrillo (Servicio Geológico Minero, 2008).

Conclusiones

El estado tiene una morfología muy diversa y estructurada por los diferentes eventos tectónicos que se han desarrollado a lo largo de la historia de la Tierra, así como la presencia de los tres tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Esto fue significativo para que se formaran importantes depósitos de minerales, lo que hace que el estado haya sido uno de los más importantes en la minería y que, actualmente, se sigan explotando tanto minerales metálicos como no metálicos.

Literatura citada

CRM (Consejo de Recursos Minerales). 1992. *Monografía Geológico-Minera del Estado de Guanajuato*. México Secretaría de Energía y Minas.

Demat, A. y M. Silva. 1976. *El Eje Neovolcánico Transmexicano*. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Ferrari, G.L., V.H. Pasquarè y A. Tibaldi. 1994. “Volcanic and tectonic evolution of central Mexico: Oligocene to present”, *Geofísica Internacional*, **33**: 91-105.

———, G. Vaggelli, C. Petrone *et al*. 2000. “Late Miocene volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt”, *Tectonophysics*, **318**: 161-185.

García, M.T y J. Lugo. 2000. *El relieve mexicano en mapas topográficos, serie libros* núm. 5. Instituto de Geografía, UNAM.

Johnson, C.A. y C.G.A. Harrison. 1990. “Neotectonics in central Mexico”, *Physics Earth Planetary Interiors*, **64**: 187-210.

López, R.E. 1981. *Geología de México*, 2a ed. México, 446 pp.

Ortega, G.F. *et al*., 1992. *Texto explicativo de quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana escala 1:2’000,000*. Instituto de Geología/Instituto de Geofísica, UNAM.

SGM (Servicio Geológico Minero). 2008. *Panorama Minero del Estado de Guanajuato*. Coordinación General de Minería.

ASPECTOS DE LA HIDROLOGÍA EN EL ESTADO

José L. Cruz José | María del R. García González | Juana B. Acevedo Torres | J. Cruz Ángeles Gómez
Verónica Fuentes Hernández | Javier E. Martínez González

Introducción

Tanto la diversidad de ecosistemas, como el bienestar de la sociedad, están directamente relacionados con la calidad y la disponibilidad del agua. El objetivo de esta contribución es presentar las condiciones en las que se encuentra este recurso en Guanajuato, comenzando por una descripción general de las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas, para describir a continuación aspectos tales como el estado de los acuíferos, el riesgo de inundación y la situación de la calidad del agua en el estado.



Humedal en movimiento (fotografía de Daniel Alejandro Arróniz Rábago, Concurso de Fotografía Cuidemos Nuestros Humedales, IEE, 2010).

Cruz José, J.L., M. del R. García González, J.B. Acevedo Torres, *et al.* 2012." Aspectos de la hidrología en el estado" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 46-62.

Hidrología

El territorio del estado de Guanajuato pertenece a dos regiones hidrológicas administrativas: la Región Lerma-Santiago (RH-12), cuyas aguas fluyen hacia el Océano Pacífico y la Región Hidrológica del Pánuco (RH-26), tal como se ilustra en la figura 1.

Asimismo, abarca tres cuencas, de las cuales, 78% del territorio corresponde al río Lerma (Región Hidrológica 12), 17% al río Pánuco (Región Hidrológica 26) y 5% al río Santiago (Región Hidrológica 12).

Los ríos juegan un papel determinante en las condiciones de vida de cualquier ecosistema, sea éste terrestre o acuático, como en el caso de los ríos que nacen o cruzan por el estado, o de los almacenamientos de agua en presas y lagunas. Guanajuato se encuentra en una situación geográfica privilegiada, a pesar de no contar con gran potencial de escurrimiento en sus cuencas interiores (si se compara con algunos estados como Chiapas o Tabasco).

La hidrología general del estado se compone principalmente por el río Lerma y cuatro afluentes que se integran a esta corriente: río Turbio, río Laja, río Temascatío y río Guanajuato, además del cuerpo de agua de la Laguna de Yuriria; en menor proporción, la cuenca del río Pánuco tiene presencia en el norte del estado, con el río Santa María. Las características de ellos se exponen a continuación.

Cuenca del río Lerma

Representa la cuenca principal del estado de Guanajuato; el río Lerma fluye de este a oeste en la parte sur del territorio estatal y, en su tercio final, constituye el límite de Guanajuato con el estado de Michoacán.

Por la margen derecha recibe principalmente los escurrimientos de los ríos Laja (controlado por la presa Ignacio Allende), Guanajuato (regulado por la presa La Purísima), Temascatío y Turbio.

La cuenca directa del río Lerma en el estado, correspondiente al tramo Presa Solís-Salamanca, consta de aproximadamente 6 712 km^2 y está delimitada al norte por la subcuenca del río Laja, al sur y al oeste por el estado de Michoacán, y al este por la subcuenca del río Laja y los estados de Querétaro y Michoacán.

Cuenca del río Turbio

Abarca aproximadamente 3 442 km^2, está situada al oeste del estado, donde colinda con Jalisco, y está delimitada al noreste por la cuenca del río Santiago. Colinda al este con la cuenca del río Guanajuato-Silao, y al sur y sureste con la cuenca directa del río Lerma.

La cuenca del río Turbio abarca los municipios de Purísima del Rincón, Cuerámaro y, en parte, los municipios de León, San Francisco del Rincón, Manuel Doblado, Abasolo, Pénjamo y, en menor superficie, Huanímaro, Romita e Irapuato.

Es afluente derecho del río Lerma y destaca entre los más importantes de la cuenca alta de este río; tiene su origen en la Sierra Cuatralba, a unos 20 km al norte de la ciudad de León, con el nombre de Arroyo La Patiña; después de un recorrido de aproximadamente 223 km, el río Turbio confluye con el río Lerma 2 km aguas arriba de la población llamada La Calle, en el municipio de Pénjamo.

Cuenca del río Guanajuato

El área de la cuenca se estima en 2 989 km^2 y se localiza en la región del Bajío; colinda al noreste con la cuenca del río Laja, al oeste con la del río Turbio, al sureste con la del río Temascatío y al sur con la del río Lerma.

El río Guanajuato nace aproximadamente a 8 km en dirección noreste de la ciudad de Guanajuato, con afluentes que se caracterizan por sus pendientes pronunciadas, atraviesa la zona urbana de la capital del estado hasta la presa La Purísima. Aguas abajo, a la altura del poblado de Yóstiro, se ubica la confluencia del río Silao por la margen derecha, principal contribuyente, para posteriormente desembocar en el río Lerma al poniente de Pueblo Nuevo. Tiene una longitud de 88 km, aproximadamente.

Cuenca del río Laja

La cuenca de este río genera uno de los afluentes más importantes del río Lerma y comprende tres

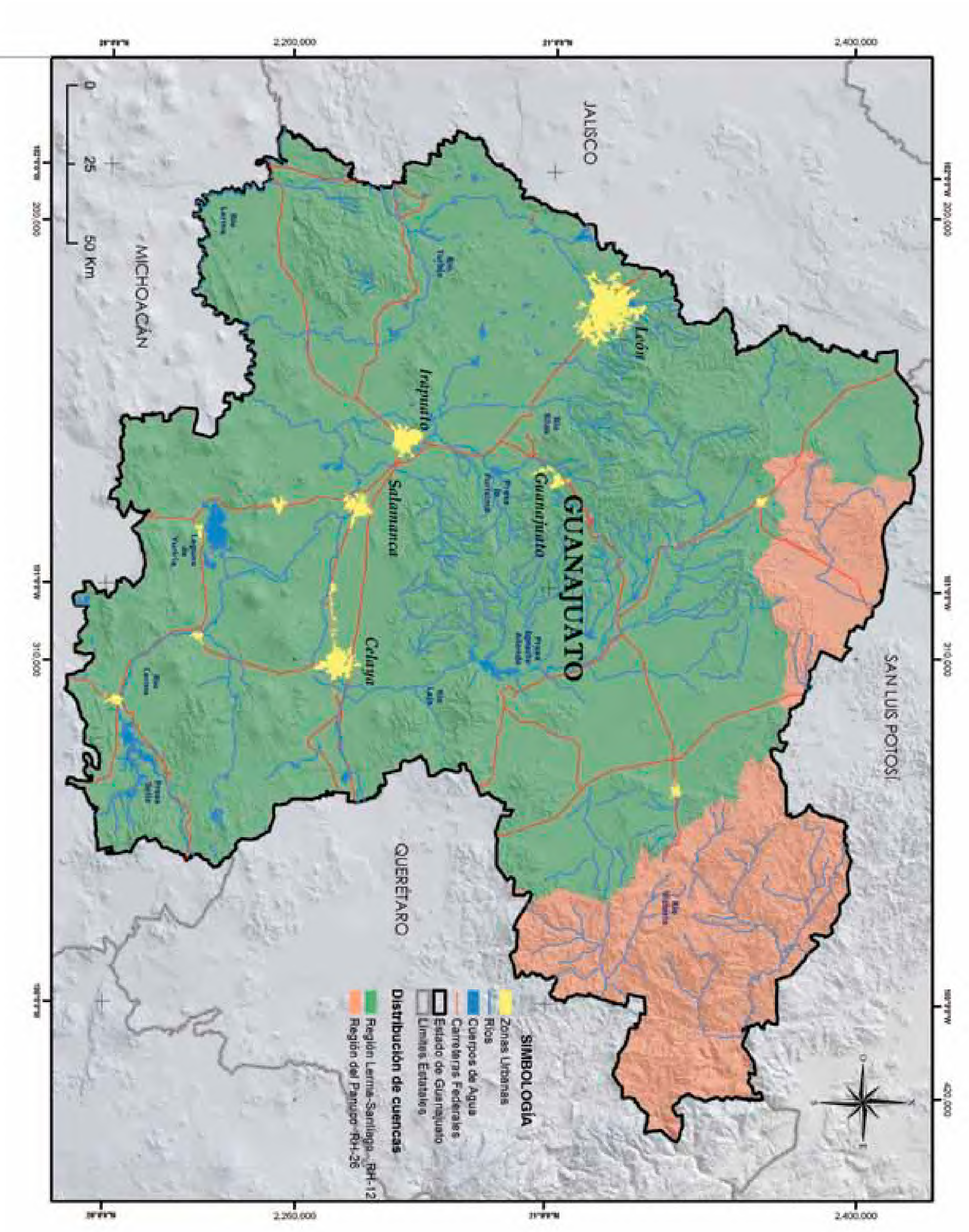


Figura 1. Distribución de las cuencas en el estado de Guanajuato. Fuente: Comisión Nacional del Agua (Conagua 2010).

subcuencas: Laguna Seca, Allende y Peñuelitas, con una superficie total de 9 741 km^2. Nace a unos 2 950 msnm, en la vertiente oriental de la Sierra de Guanajuato, concretamente en el cerro de San Juan, localizado a unos 22 km al noreste de la ciudad de León. Tiene un recorrido máximo a lo largo de su colector principal de 250 km. En esta corriente se encuentra la presa Ignacio Allende que, después de la presa Solís, es el embalse más importante en el estado, con capacidad para 251 hm^3 de agua que irrigan 10 648 ha y que además sirve para prevenir inundaciones.

El río Apaseo ingresa por la parte este del estado, proveniente de los ríos de Huimilpan y El Pueblito, en Querétaro, para posteriormente ingresar a la cuenca del río Laja. La cuenca comprende los municipios de Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, Comonfort, Apaseo El Grande, Villagrán y, parcialmente, Ocampo, San Felipe, Apaseo El Alto, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Salamanca, Doctor Mora, San José Iturbide, León, Guanajuato, Celaya, Santa Cruz de Juventino Rosas, Jerécuaro y Cortazar.

Cuenca del río Temascatío

Cubre un área de 751 km^2, queda limitada al noreste y sureste por la cuenca del río Laja y con una porción mayor de drenaje directo hacia la margen derecha del río Lerma. Por el noreste, colinda con la cuenca alta del río Guanajuato y con la subcuenca de uno de sus afluentes.

El río Temascatío es un afluente derecho del río Lerma y su origen tiene lugar en el accidente orográfico conocido como Misterio del Chorro a 2 608 msnm. Descarga sus aguas al río Lerma 11 km al este de la ciudad de Salamanca.

Cuenca del río Pánuco

Dentro de la Región Hidrológica 26, Pánuco, se encuentra la cuenca del río Santa María, la cual nace en el estado de Guanajuato, para después introducirse en San Luis Potosí, cruzar una parte del territorio de Querétaro y, posteriormente, servir de límite natural de estos dos estados, hasta confluir con el río Verde y así formar el río Tampaón. El río Pánuco tiene una extensión total de 5 104 km^2 y posee gran importancia, ya que alberga el sitio en donde actualmente se construye la presa El Realito, en el municipio de San Luis de la Paz.

Dentro de la misma región del Pánuco, se encuentra la cuenca del río Extoráz, la cual tiene sus orígenes en la parte noroeste del estado, principalmente en los municipios de Santa Catarina, Tierra Blanca, Victoria y Xichú, para después continuar con los escurrimientos hacia Querétaro; el área abarca 3 884 km^2, de los cuales 1 050 km^2 corresponden a Guanajuato y el resto a Querétaro.

Cuenca del río Santiago

Cubre una superficie estatal aproximada de 1 604 km^2. Tiene sus orígenes en el noroeste del estado y abarca casi en su totalidad al municipio de Ocampo; sigue su curso hacia el suroeste dentro del estado de Jalisco hasta formar parte de la cuenca del río Verde, el cual desemboca por la parte derecha del río Santiago de Jalisco.

La importancia de esta corriente radica precisamente en que, debido a la aportación inicial que genera Guanajuato, se ha establecido la distribución de agua de la corriente del río Verde para la ciudad de León, en el municipio del mismo nombre.

Laguna de Yuriria

A pesar de ser una cuenca cerrada y de ser una laguna artificial, este embalse forma parte integral de la cuenca del río Lerma. Dicho cuerpo de agua posee gran importancia en el estado ya que sirve como vaso regulador a escurrimientos extraordinarios del sistema y por los usos agrícolas que soporta la laguna de Yuriria ha sido decretada como Área Natural Protegida y designada como sitio Ramsar (Sandoval, 2004); se encuentra situada en el municipio del mismo nombre y se localiza a una altitud de 1 730 msnm. Tiene una superficie de 97 km^2 con una profundidad media de 2.60 m y capacidad de 225 hm^3.

Hidrogeología

El análisis de la agrupación de unidades litológicas, con base en su respuesta al paso del agua

en el estado de Guanajuato, dio como resultado cinco unidades hidrogeológicas cuyo comportamiento se describe a continuación.

Materiales de permeabilidad alta que constituyen zonas de recarga y acuíferos de potencialidad alta.

En esta unidad hidrogeológica se agrupan las siguientes unidades litológicas: Qal, Qbc, Qpm, Tpl-Q (B-Bvb), Tmb y Tmrs.

Su origen se remonta desde el Mioceno Medio, hasta el Holoceno, y son materiales que están constituidos por materia granular y rocas fracturadas; se agrupan en esta categoría debido a su alta permeabilidad, lo que les permite constituir acuíferos de alta potencialidad, así como zonas de recarga importantes (cuadro 1, figura 2) (CEAG, 2001).

Materiales de permeabilidad media que constituyen zonas de recarga y acuíferos de potencialidad media

Agrupa las unidades litológicas: Qpa, Qdz, Ts-Qc, Tsa, Tms, Tmt, Tmv, Tmo, Tmc, Tsm, Tab, Tev y Kid.

Estas unidades se originaron desde el Cretácico Inferior hasta el Pleistoceno. Se agruparon en esta categoría debido a que presentan permeabilidad media a alta, la cual es originada principalmente por fracturamiento.

La mayor parte de estas unidades están conformadas por rocas ígneas extrusivas, aunque también hay calizas; en las zonas en donde afloran constituyen zonas de recarga y en el subsuelo conforman acuíferos de potencialidad media (cuadro 1, figura 2) (CEAG, 2001).

Materiales de permeabilidad media que constituyen zonas de recarga y acuíferos de potencialidad media

En esta unidad hidrogeológica se agrupan las unidades: Tmpr, Tat, Tvr, Tlp, Tic y Tom que se originaron desde el Oligoceno hasta el Mioceno-Plioceno. Se encuentran agrupadas debido a que su litología y fracturamiento es muy variable, por lo que su permeabilidad puede ser alta o bien prácticamente nula. Por esta razón, en su superficie se constituyen zonas de recarga o barreras, y en el subsuelo acuíferos con diferente grado de potencialidad hidrogeológica o barreras al movimiento del agua (cuadro 1, figura 2) (CEAG, 2001).

Materiales de permeabilidad baja que constituyen zonas de recarga restringida y acuíferos pobres a muy pobres

La unidad está constituida por las unidades litológicas: Tbc, Tbda, Tmcg, Trp, Tz, Tap, Tcg, Ksc, Kscd y Kss.

Estas unidades litológicas están datadas con fechas que van desde el Cretácico Superior hasta el Mioceno-Plioceno y se caracterizan por tener permeabilidad baja. En algunas zonas constituyen zonas de recarga en las que el volumen de agua que se infiltra está limitado por el bajo grado de fracturamiento. En el subsuelo conforman acuíferos de pobres a muy pobres, de potencialidad hidrogeológica reducida (cuadro 1, figura 2) (CEAG, 2001).

Materiales prácticamente impermeables que constituyen barreras al paso del agua (acuicludos y acuifugos)

Se agrupan aquí las siguientes unidades litológicas: Qga, Tma, Tc, Tav, Tog, Tgco, Tigia, Kip, Kcpl, Kcsg, Kpsj, J-Ki y E.

Abarcan edades que van desde el Triásico hasta el Pleistoceno Inferior; en el caso de las unidades del Triásico al Cretácico Inferior, conforman el basamento de la columna estratigráfica y el basamento hidrogeológico. Su estructura es masiva, en ocasiones presentan fracturas que se encuentran rellenas o cerradas y su permeabilidad es muy baja o nula, por lo que funcionan hidrogeológicamente como barreras al paso del agua subterránea (cuadro 1, figura 2) (CEAG, 2001).

Acuíferos y disponibilidad

La Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG), en coordinación con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), trabajaron en la definición

Cuadro 1. Unidades hidrogeológicas del estado de Guanajuato.

Unidad litológica	Descripción	Grado de permeabilidad
Qal	Depósitos aluviales	Alta
Qpm	Depósitos de monte	
Qbc	Basalto El Cubilete	
Tpl-Q(B-Bvb)	Basaltos, andesitas y productos piroclásticos	
Tmb	Basaltos y productos piroclásticos	
Tmrs	Basaltos río Santiago	
Qpa	Andesitas y dacitas del Pleistoceno	Media a alta
Qdz	Riolita Zinapécuaro	
Ts-Qc	Depósitos volcanosedimentarios	
Tsa	Andesita del Pleistoceno	
Tms	Basaltos y brechas volcánicas basálticas	
Tmt	Ignimbrita El Terrero	
Tmv	Tobas andesíticas y andesitas	
Tmc	Andesitas y dacitas Cerro Colorado	
Tmo	Andesita La Ordeña	
Tms	Riolita San Miguelito	
Tab	Andesita Bernalejo	
Tev	Andesitas y dacitas del Terciario Temprano	
Kid	Formación el Doctor. Caliza con escasas lutitas	
Tmpr	Tobas e ignimbritas riolíticas y riolitas	Permeabilidad variable
Tvr	Riolitas, brechas volcánicas, ácidas tobas riolíticas e ignimbritas	
Tic	Tobas ácidas, ignimbritas riolíticas y riolitas	
Tom	Tobas, brechas e ignimbritas riolíticas y riolitas	
Tbda	Basalto Dos Aguas	Permeabilidad baja
Tbc	Basalto Cabras	
Tmcg	Conglomerados, aluviales areniscas y depósitos volcánicos	
Tz	Riolita el Zapote	
Trp	Ignimbritas riolíticas y riolitas	
Tap	Tobas ácidas	
Tcg	Conglomerado Rojo Guanajuato	
Ksc	Lutitas y areniscas	
Kscd	Lutitas, areniscas y limolitas	
Qga	Gabro Arperos	Impermeables
Tma	Andesita Allende	
Tav	Toba y aglomerado volcánico riolítico	
Tc	Lutitas, sílice, limolitas, margas y calizas	
Tog	Granitos, monzonitas y dioritas	
Tgco	Granito Comanja	
Tigia	Cuarzomonita y diorita	
Kip	Calizas y lutitas	
Kcpl	Dioritas, tonalitas y granitos	
Kcsg	Complejo volcanosedimentario, metamorfizado Sierra de Guanajuato	
J-Ki	Lutitas, limolitas y basaltos	
E	Esquistos y filitas	

Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2009).

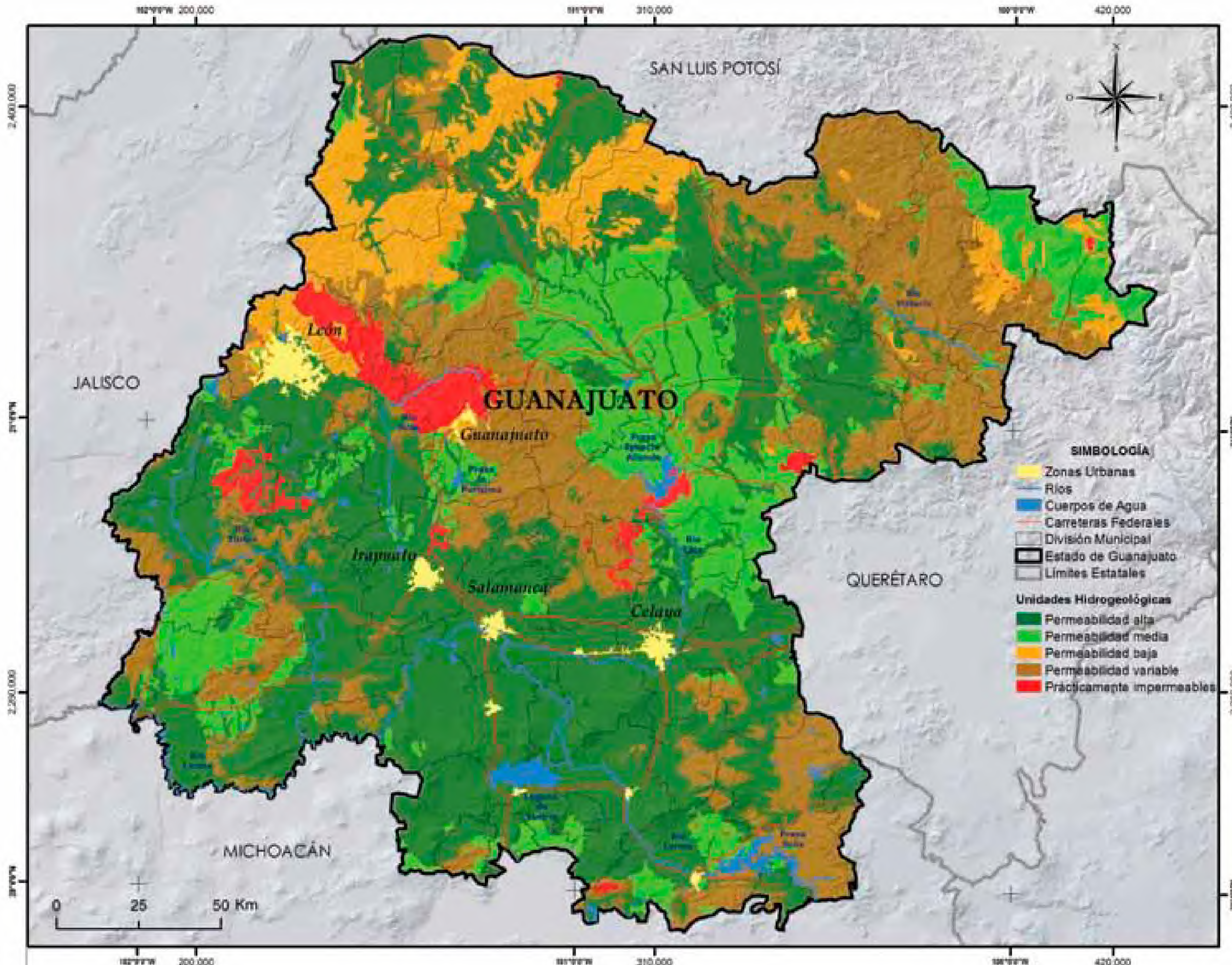


Figura 2. Plano hidrogeológico del estado de Guanajuato. Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2009).

de los límites de los acuíferos, considerando los aspectos geológicos, hidrogeológicos y administrativos, y definieron la existencia de 20 sistemas acuíferos, los que fueron publicados en el *Diario Oficial* el día 28 de agosto del año 2009 (DOF, 2009). Dos de ellos, Jaral de Berrios-Villa de Reyes y Santa María del Río, se comparten con el estado de San Luis Potosí en la zona norte, cuya delimitación se presentan en la figura 3.

Por otra parte, tomando en cuenta la necesidad de mantener la integridad en la administración de las aguas nacionales, la Conagua dividió al territorio nacional en 13 regiones hidrológico-administrativas, reconociendo la cuenca hidrológica como la base de su definición y con el fin de aplicar políticas de manejo del agua en el marco de un desarrollo regional. Asimismo, dicha dependencia dio a conocer los límites de las unidades hidrogeológicas, con base en los cuales se realizaron los estudios técnicos para la determinación de la disponibilidad media anual de los acuíferos (cuadro 2), y publicó 13 de los 20 existentes en el estado en el *Diario Oficial* el día 28 de agosto del año 2009 (DOF, 2009).

El clima y la hidrología

La distribución espacial de la lluvia y temperatura normal en el estado está definida con información histórica de 30 años, desde 1979 a 2008, obtenida de la base de datos climatológicos proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Con estos datos, se generan los planos de lluvia y temperatura que se muestran en las figuras 4 y 5 (CEAG, 2009).

El clima del estado está clasificado como seco y semiseco en la porción norte y noreste, templado subhúmedo en la parte central y cálido subhúmedo en la parte sur y oriente (Inegi, Carta de Climas 1:1 000 000).

Los cambios en el clima han comenzado a afectar a la biodiversidad (IPCC, 2007). Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado debido a las actividades humanas, sobre todo la utilización de combustibles fósiles y los cambios en el uso y en la cubierta de los suelos (IPCC, 2007). Estos factores, junto a las fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima de la Tierra; ha aumentado la temperatura de la superficie terrestre y marina, y han cambiado los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones (IPCC, 2007). Dichos cambios, sobre todo el aumento de las temperaturas en algunas zonas, han afectado la estacionalidad de la reproducción de animales y plantas, así como la distribución de las especies y el tamaño de sus poblaciones.

En este sentido, hay que recalcar que, derivado del interés del gobierno estatal de anticiparse a los efectos negativos que se ocasionarían por el cambio climático global, además de identificar áreas de oportunidad para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales actuales y futuros, se establecen los procedimientos para generar un Programa Estatal de Cambio Climático (PECC), con el cual se pretende identificar la vulnerabilidad y definir acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático. Actualmente, en la elaboración del PECC, se incluyen acciones de cuatro grandes rubros: Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI), Mitigación, Adaptación y Vulnerabilidad (CEAG, 2009).

Riesgo de inundación en el estado

La lluvia extraordinaria es el principal fenómeno relacionado con las inundaciones y, en el extremo opuesto, al faltar la lluvia por períodos prolongados, se generan problemas derivados de las sequías. Por tal motivo, es de importancia relevante su estudio para conocer su comportamiento espacial y temporal. Se ha determinado que la mayor cantidad de precipitación pluvial que ocurre en Guanajuato se concentra, en promedio, en los meses de junio a septiembre, por lo que en dicho periodo deben intensificarse los esfuerzos para evitar las inundaciones, sobre todo en años donde la media es superada de manera significativa.

Con la finalidad de conocer la distribución de las lluvias en el estado, se cuenta con puntos de monitoreo climático e hidrométrico, mediante estaciones administradas por la CEAG, que se encuentran distribuidos tal como se presentan en las figuras 6 y 7, respectivamente. En lo que refiere a inundaciones, se han identificado y delimitado zonas que históricamente han sido afectadas y que se presentan en la figura 8.

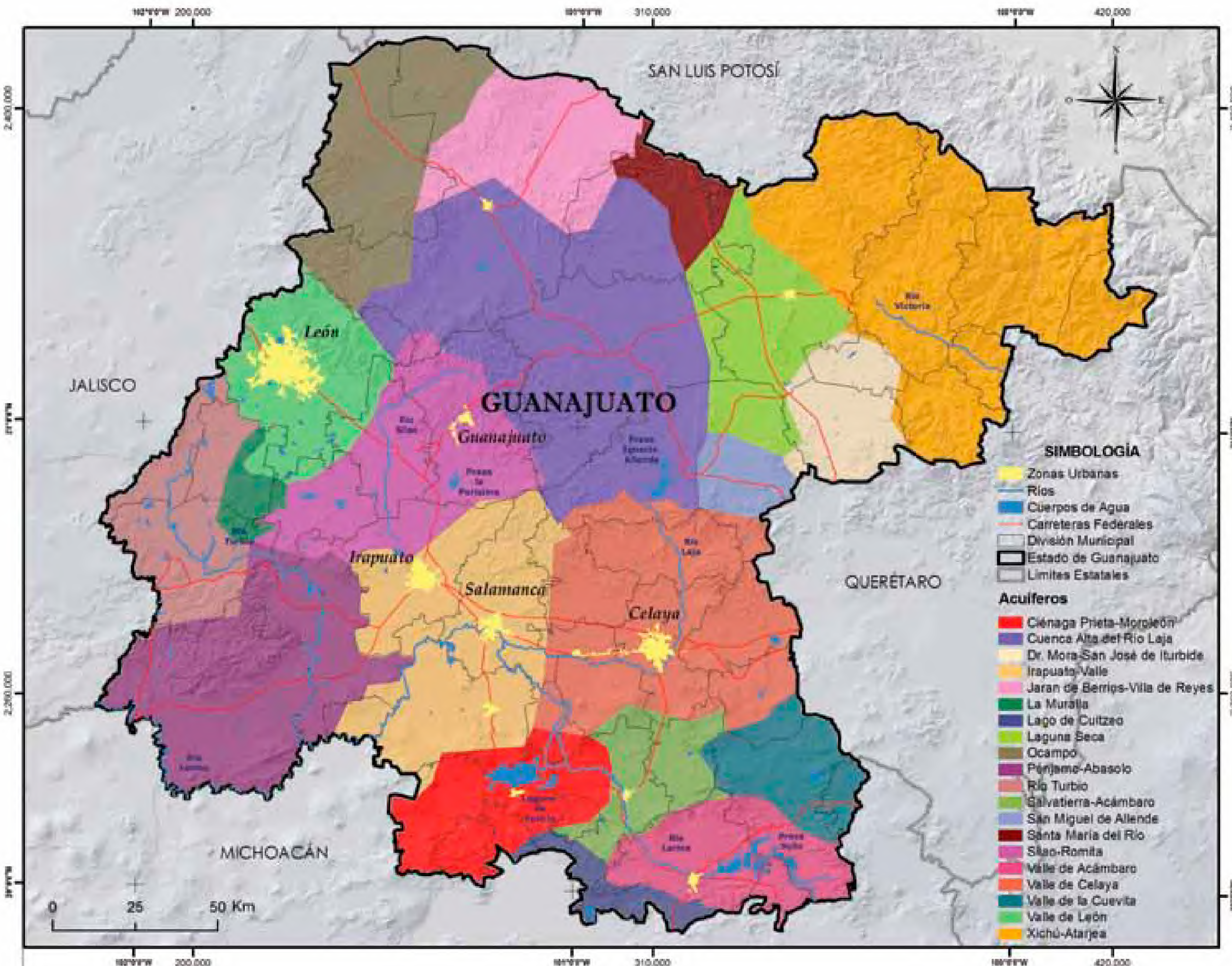


Figura 3. Límites de acuíferos del estado de Guanajuato. Fuente: Conagua-CEAG, con base en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF, 2003).

Cuadro 2. Disponibilidad del agua subterránea.

Acuífero	Año publicación	Recarga	Descarga natural comprometida	Registro Público de Derechos de Agua	Vol. de extracción por bombeo	Déficit	Disponibilidad de agua subterránea
		hm³/año					
Ocampo	2003	52.00	0.00	1.3	3.2	0.0	50.7
Laguna Seca	2003	128.50	0.00	139.5	398.0	-11.0	0.0
Cuenca Alta del Río de la Laja	2003	139.70	0.00	184.9	412.0	-45.2	0.0
Valle de León	2003	156.30	0.00	285.3	204.5	-129.0	0.0
Río Turbio	2003	110.00	0.00	162.9	148.0	-52.9	0.0
Valle de Celaya	2003	286.60	0.00	361.2	593.0	-74.6	0.0
Valle de la Cuevita	2003	5.90	0.70	9.5	8.5	-4.3	0.0
Irapuato-Valle	2003	522.24	132.39	619.2	563.0	-229.4	0.0
Pénjamo-Abasolo	2003	225.00	0.00	317.4	440.2	-92-4	0.0
Ciénega Prieta-Moroleón	2003	85.00	9.01	129.8	66.0	-53-8	0.0
Xichú-Atarjea	2003	40.30	32.54	4.2	8.7	0-0	4.6
Santa María del Río	2003	3.70	0.00	13.5	3.4	-9.8	0.0
Jaral de Berrios-Villa de Reyes	2007	132.10	0.00	115.1	213.4	0.0	17.0

Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2009).

Monitoreo climatológico

La variedad de especies tiene una relación directa con las condiciones de temperatura y humedad existentes (entre otras variables), por lo que con el conocimiento espacial y temporal de estos parámetros es posible definir condicionantes de distribución, conservación y supervivencia de los sistemas bióticos. La CEAG ha iniciado desde el año 2000 el monitoreo sistematizado de las condiciones climáticas locales, mediante la instalación de estaciones automatizadas equipadas con sensores de lluvia y temperatura, entre otros, como presión barométrica, radiación solar, dirección y velocidad de viento. La intención ha sido fortalecer la medición que realiza la federación en sus estaciones convencionales, además de la red automática que ha puesto en marcha recientemente.

Con la operación del Centro de Información Hidroclimatológica de Guanajuato (CIHCG) ha sido posible conjuntar, en una sola base de datos, la información de las diferentes redes de estaciones que funcionan en el estado, las que pueden ser automáticas o convencionales, y tienen diversos fines, tales como mejoras en la productividad agrícola, protección al ambiente como la definición de sitios de recarga, prevención civil, aplicaciones académicas y privadas, entre muchos otros.

De esta manera, es posible administrar información de una vasta red de medición, con equipos automáticos y convencionales, es decir, estaciones con mediciones manuales de lluvia y temperatura, y tener como características las que se marcan en el cuadro 3.

La importancia de contar con los datos en tiempo real, sobre todo cuando se establecen procedimientos de alerta emergente, con la intención de reducir los riesgos de afectación ante la presencia de lluvias intensas o temperaturas extremas, hace que la telemetría juegue un papel fundamental, además del monitoreo mismo. Las estaciones con sistema de transmisión de datos se muestran en el cuadro 4 (CEAG, 2009).

Calidad del agua

La calidad del agua es fundamental para conservar la diversidad biológica, principalmente la

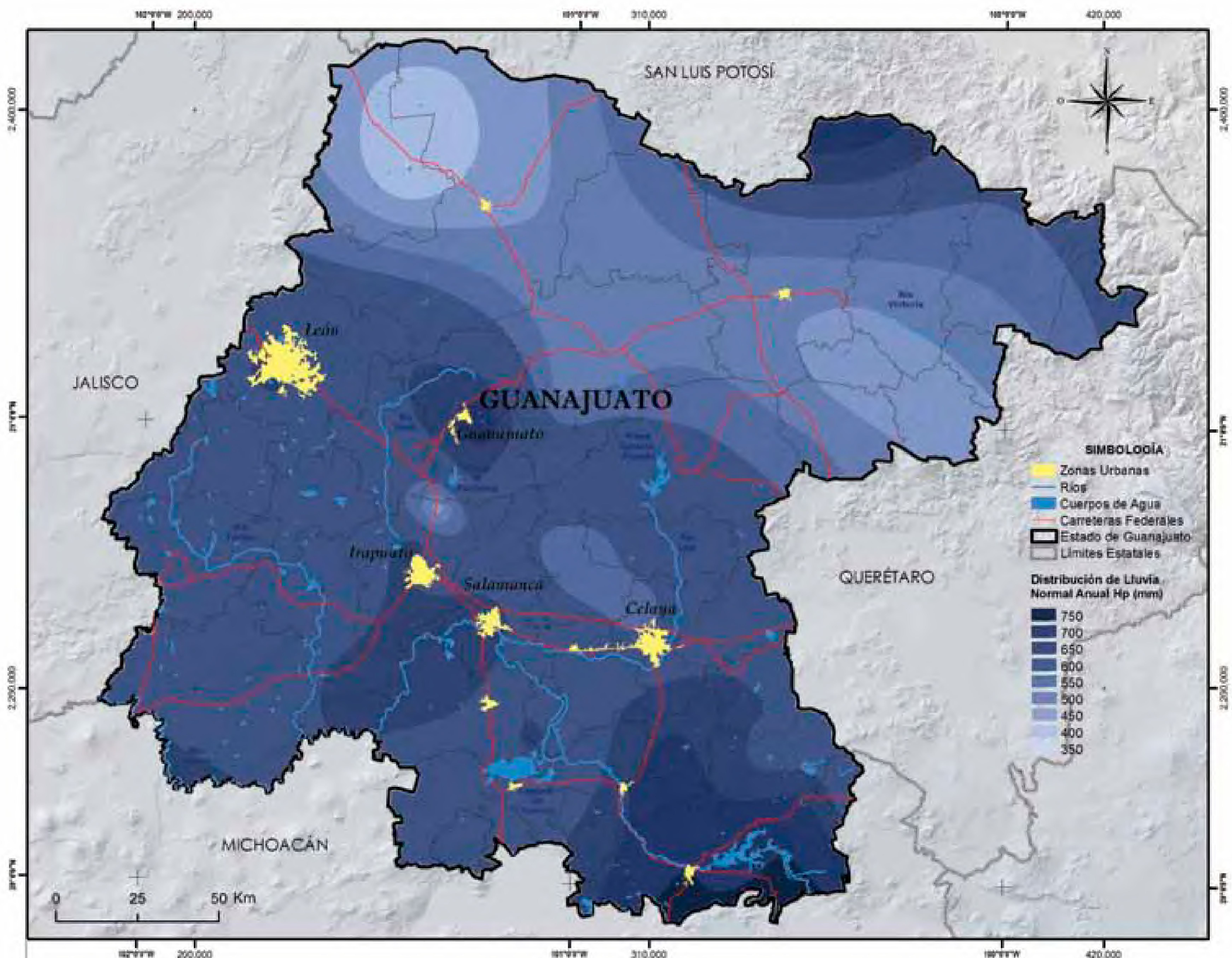


Figura 4. Distribución de la lluvia normal anual en el estado. Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2009).

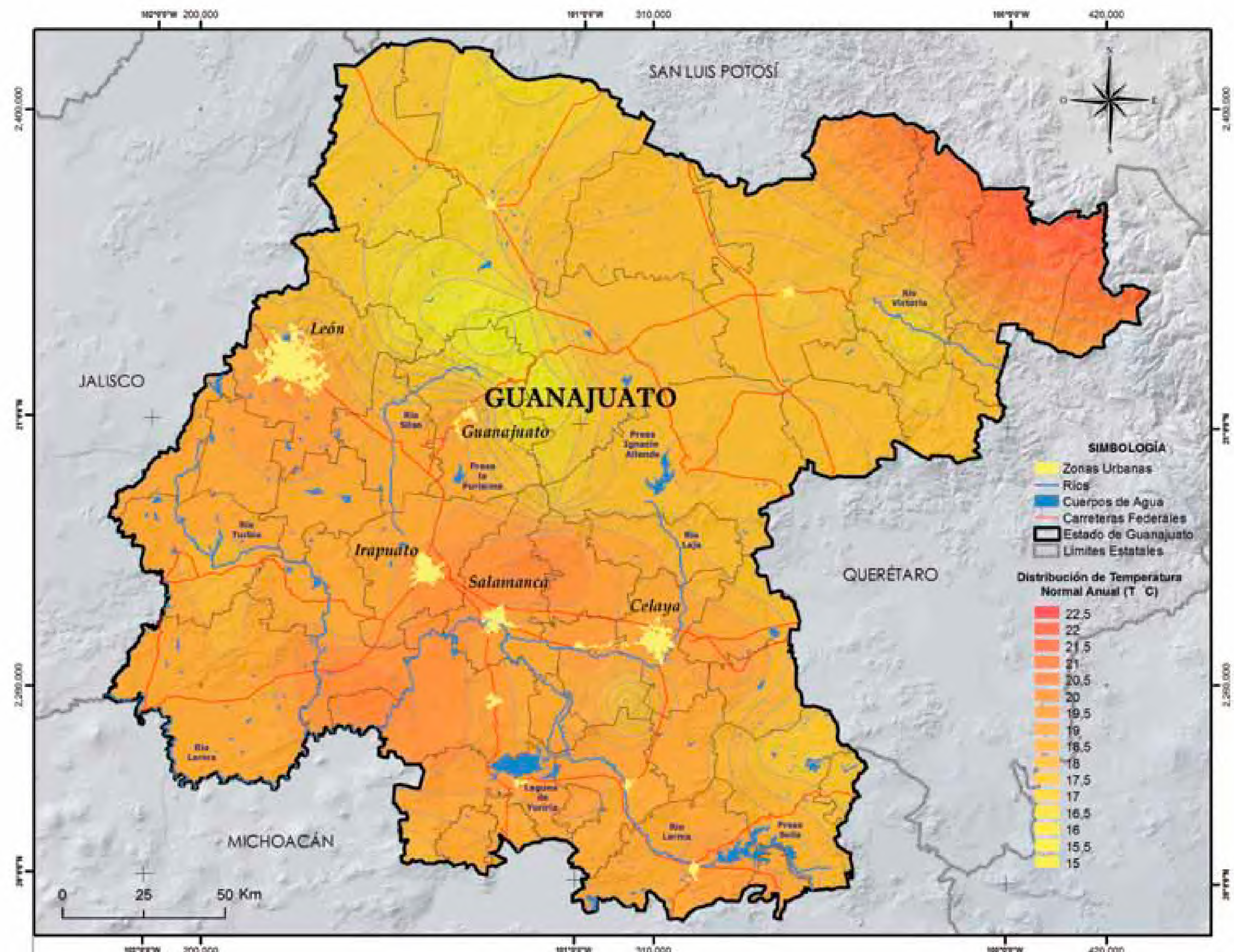


Figura 5. Distribución de la temperatura normal anual en el estado. Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG , 2009).

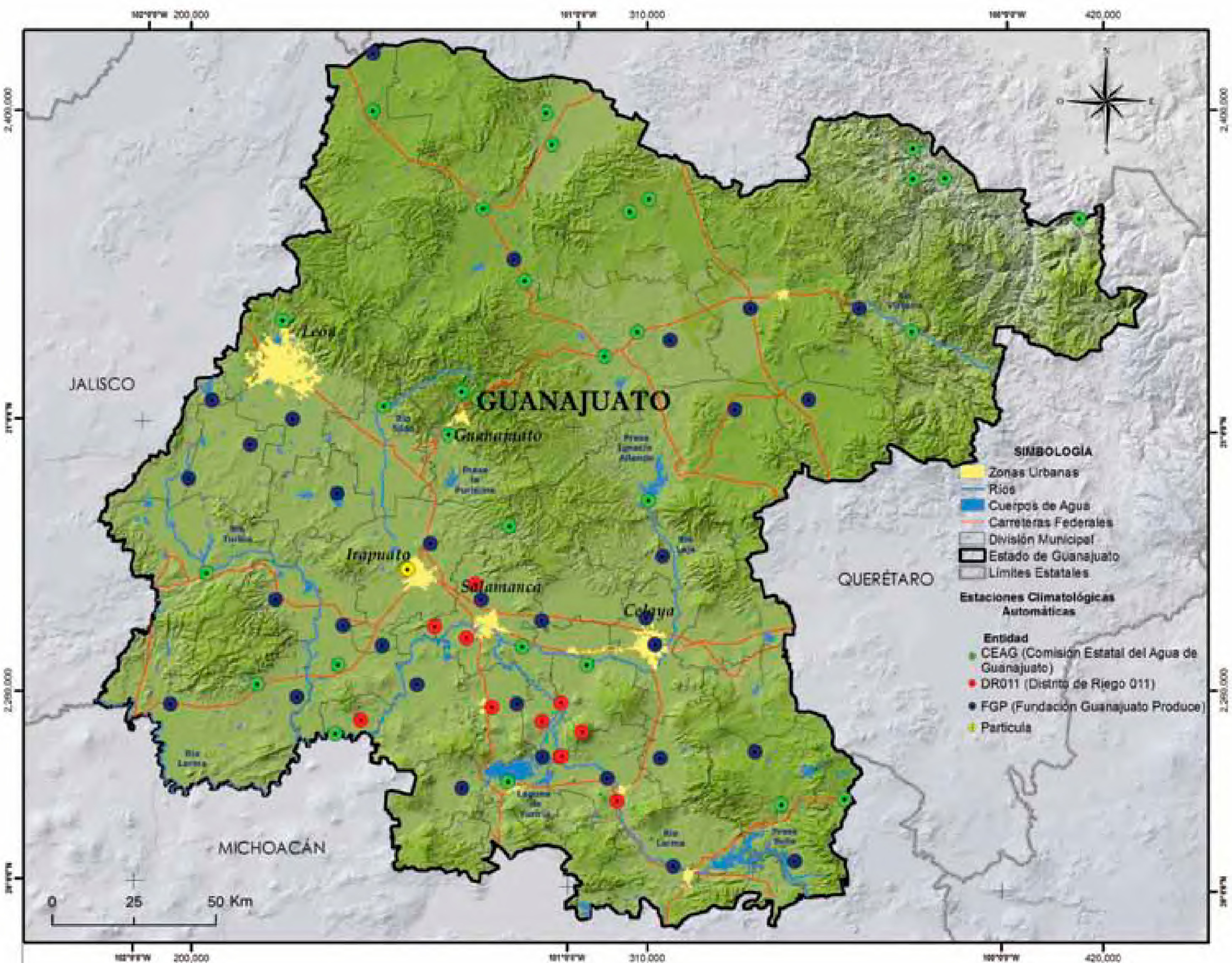


Figura 6. Ubicación de las estaciones climatológicas. Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2009).

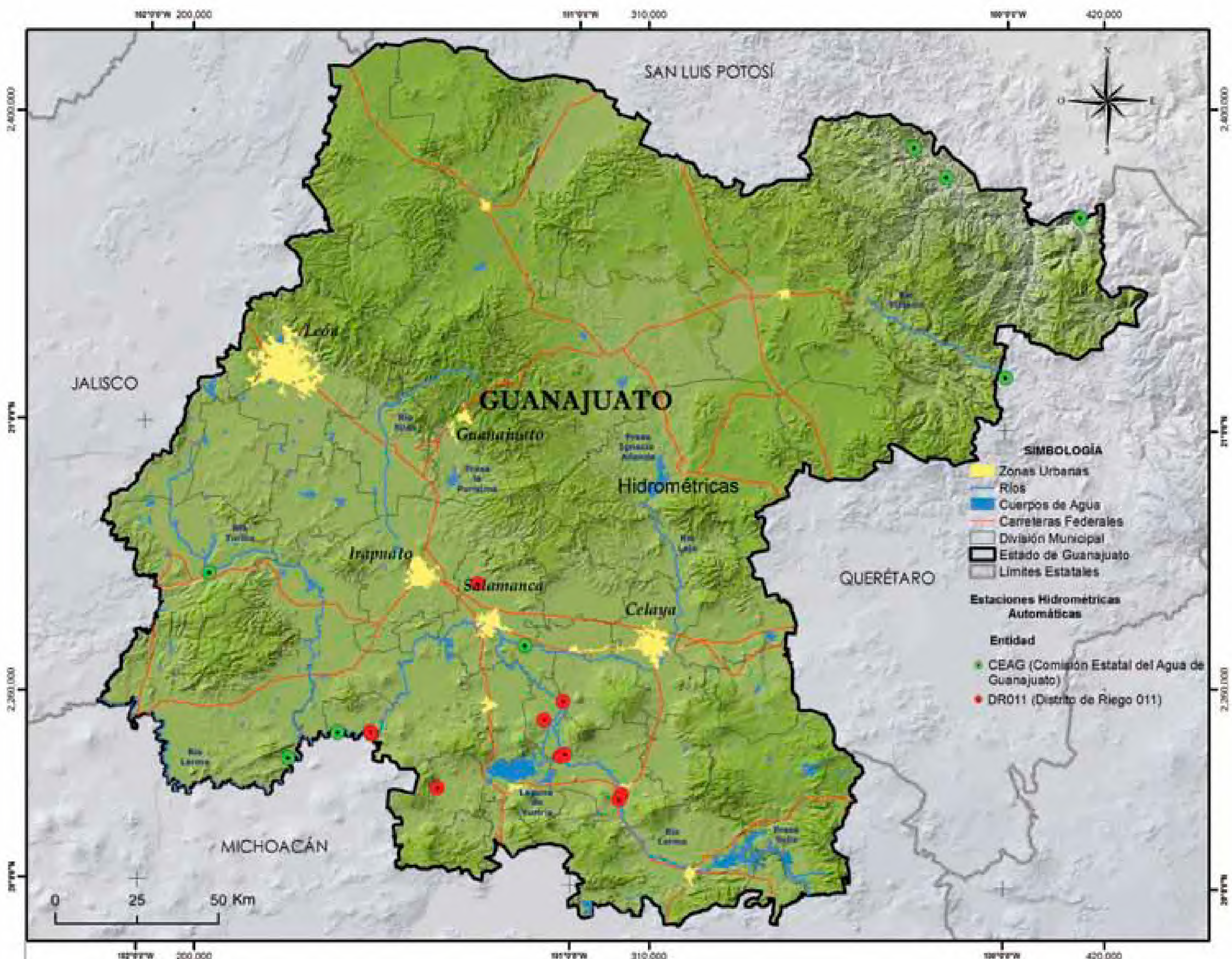


Figura 7. Ubicación de las estaciones hidrométricas. Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2009).

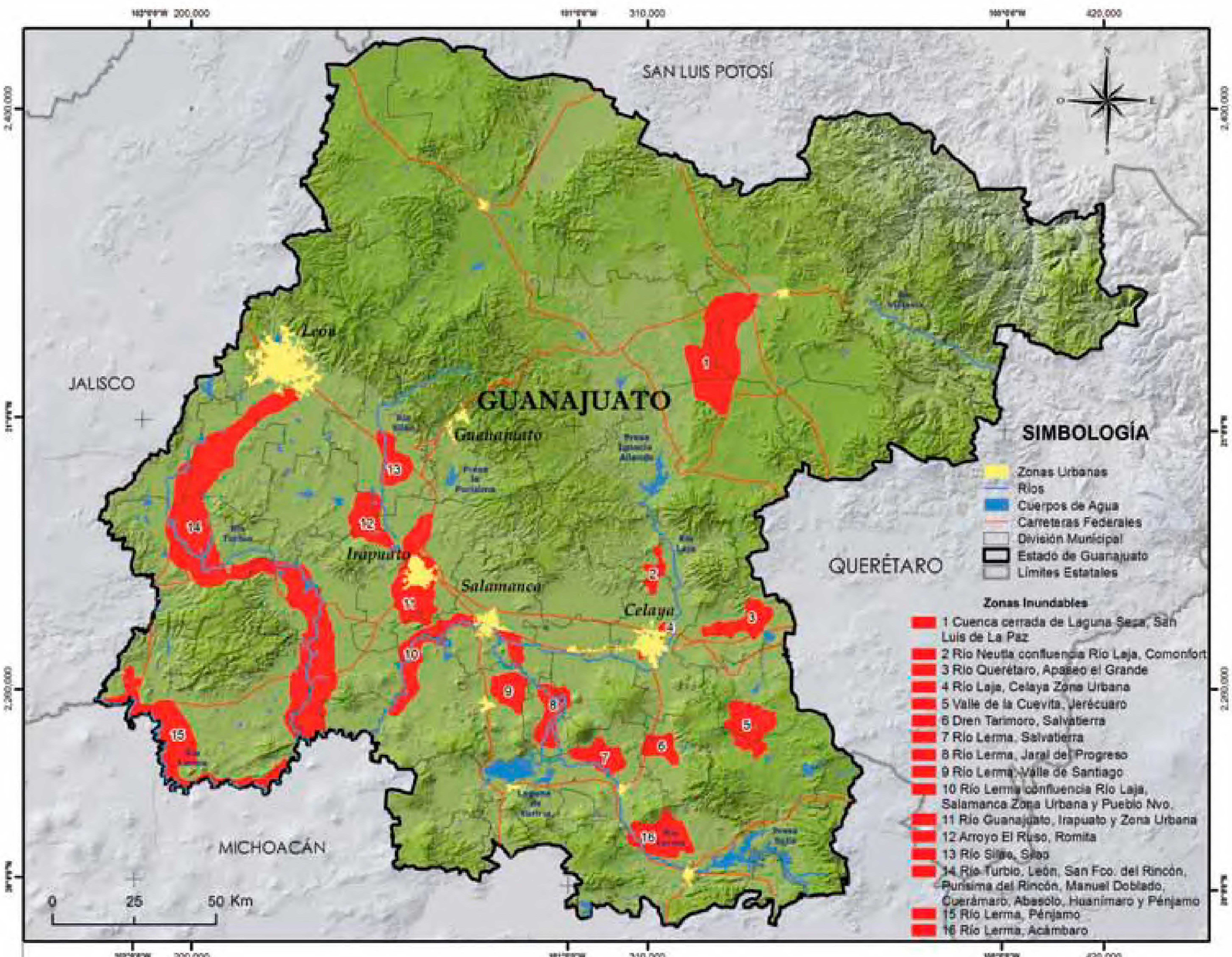


Figura 8. Zonas inundables en Guanajuato. Fuente: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG , 2009).

cantidad y la calidad del líquido que pueda estar disponible para sustentar la flora, la fauna y los servicios ambientales, los cuales son la base para lograr mantener el equilibrio en el ecosistema (Serrano Pavón, 2006).

La calidad del agua se puede ver afectada por varias razones, sin embargo, para facilitar su monitoreo y control, se identifican dos causas principales, las de origen natural y las de origen antropogénico, es decir, si el contaminante proviene de una fuente natural o de alguna actividad humana.

Calidad del agua superficial

Actualmente, en Guanajuato se han realizado esfuerzos conjuntos con los gobiernos municipales y federal para atender la contaminación del agua superficial, ya que ésta ha presentado una gran afectación en su calidad por utilizar los ríos y arroyos como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales. Dichas descargas han afectado la calidad del agua, principalmente por el aumento de materia orgánica y microorganismos presentes, los cuales consumen el oxígeno disuelto en el agua durante los procesos de descomposición, lo que disminuye el oxígeno disponible para otras especies, por lo que se han implementado plantas de tratamiento de aguas residuales en las principales ciudades del estado. Otro problema asociado a la disminución de la calidad del agua ha sido el problema de botulismo en algunos bordos y presas, lo que ha afectado a las aves migratorias, cuyo hábitat en diversas épocas del año son estos cuerpos de agua. Por esta razón, la Conagua ha hecho esfuerzos con la CEAG y otras instituciones para el monitoreo y control de las condiciones físico-químicas de los cuerpos de agua superficial.

Calidad del agua subterránea

En los últimos años, el agua subterránea ha presentado alteraciones en su composición química, principalmente en aquellos compuestos que pueden tener origen natural, por lo que los contaminantes encontrados son más difíciles de remover o tratar. Dicha contaminación se origina cuando el agua entra en contacto con las rocas una vez que se infiltra al subsuelo y, dado que cada vez se extrae agua de mayores profundidades, se considera que ha tenido más tiempo de contacto con las rocas de la zona, por lo que el periodo para disolverlas ha sido mayor, aumentando así la concentración de sales y minerales a niveles que pueden ser nocivos para la salud humana, para las diversas especies bióticas, así como para la agricultura -una de las principales actividades productivas del estado. En este caso, al regar de manera desmedida las diversas zonas agrícolas con el agua de los acuíferos, se saliniza la superficie de las tierras de cultivo provocando que sean menos productivas (Inegi, 2010). La CEAG inició en el año 2001 la implementación de una red de monitoreo de calidad del agua subterránea, con el fin de conocer y determinar zonas

Cuadro 3. Estaciones climatológicas e hidrométricas que operan en Guanajuato.

Dependencia	Climatológicas		Hidrométricas	
	Convencional	Automática	Convencional	Automática
CEAG	-	31	2	5
Conagua	162	20	93	19
FGP	-	30	-	-
DR 011	-	10	-	10
UG	-	1	-	-
Otros	-	1	-	-

Fuente: CEAG, 2009.

Cuadro 4. Características de transmisión de las estaciones.

Dependencia	Sistema de transmisión			
	Satelital	Radio	Telefonía	Manual
CEAG	1	2	3	32
Conagua	39	-	-	255
FGP	-	30	-	-
DR 011	-	20	-	-
UG	1	-	-	-
Otros	-	-	-	1

Fuente: CEAG, 2009.

que presentan o pueden presentar este tipo de problemática, así como la implementación de plantas potabilizadoras que remueven contaminantes metálicos tóxicos para la salud humana (Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2030; CEAG, 2008).

Literatura citada

CEAG (Comisión Estatal de Agua de Guanajuato) y Moro Ingeniería S.C. 2001. *Integración de Información Geológica-Geofísica al SIG*. Informe inédito.

———. 2008. *Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2030*, segunda parte, capítulo 6 y cuarta parte capítulo 16.

———. 2009. *Informes de la Dirección General de Planeación*. Informes Inéditos.

Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2010. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Lerma. 19 abril 2010.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2003. Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización, 31 de enero de 2003.

———. 2009. Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. 28 de agosto de 2009.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. *Estadísticas a propósito del día mundial de lucha contra la desertificación y la sequía*. Datos Nacionales.

IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2007. *Cuarto Informe de Evaluación*.

Sandoval, M.R. 2004. *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar*, en *http://ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/48.pdf*, última consulta 14 de agosto de 2011.

Serrano Pavón, A. 2006. “Los ecosistemas como usuarios del agua”, *AcuaForum*, año 10, núm. 42.

CLIMA, CAMBIO CLIMÁTICO Y BIODIVERSIDAD

Juan A. Quijano-Carranza | Ramiro Rocha-Rodríguez | Carlos R. Garrido Díaz

Introducción

Las condiciones atmosféricas influyen de manera directa tanto en la distribución como en el desarrollo, evolución y abundancia de todos los organismos que habitan nuestro planeta, por lo que el conocimiento de lo que comúnmente llamamos clima es esencial para entender los procesos de cambio en la biodiversidad, más aún si consideramos las condiciones actuales de un evidente cambio climático que se refleja ya en alteraciones aceleradas de los hábitats naturales de numerosas especies, que ponen en peligro su existencia (Flannery, 2008).

Los principales factores de disminución de la biodiversidad son: la pérdida y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación, la introducción de especies exóticas y el cambio climático; además de que sus tendencias parecen mantenerse constantes (scdb, 2010). En el estado de Guanajuato, algunas actividades (como la producción industrial, la expansión urbana y la agricultura) se desarrollan con gran intensidad, lo cual genera gran preocupación tanto en los diferentes niveles de gobierno como en la población en general. Con sustento en la convicción de que toda acción para mitigar o prevenir procesos como los descritos aquí debe basarse en el conocimiento, en esta contribución se presenta una descripción general del clima en la entidad y su relación con la biodiversidad.



Postal de la soledad (fotografía de Cynthia Selene Velásquez J., Concurso de Fotografía Cuidemos Nuestros Humedales, iee, 2010).

Quijano-Carranza, J.A. , R. Rocha-Rodríguez y C.R. Garrido. 2012. "Clima, cambio climático y biodiversidad" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 63-73.

El clima

Es conveniente iniciar esta sección aclarando la diferencia entre dos términos que suelen confundirse: tiempo y clima. El tiempo meteorológico, atmosférico o *tempeare* (en inglés, *weather*) es la condición que guarda la atmósfera en un momento dado en un lugar determinado (Garduño, 1998; Cuadrat y Pita, 2000). La escala temporal en que se observan los fenómenos meteorológicos puede variar desde unos segundos hasta varios días (Garduño, 1998). El clima (en inglés, *climate*) es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un periodo largo de tiempo (Garduño, 1998; Cuadrat y Pita, 2000). El clima de una localidad está determinado por factores como la latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad (lejanía de la grandes masas de agua) (SMN, 2006).

El clima conforma de manera esencial los patrones básicos de estructura y funcionamiento de un ecosistema (Barradas, 1994), por lo que es necesario comprender el estado medio y la variabilidad del clima al que están adaptadas las distintas especies (Barradas, 1994). Esto es el resultado de un proceso de millones de años de modelado de la biodiversidad.

Los seres vivos también tienen influencia en las características del clima de una región, en especial la vegetación, ya que ésta ejerce una fuerte influencia en los intercambios de energía y de humedad entre la superficie del planeta y la atmósfera (Betts, 2004). De acuerdo con lo anterior, es conveniente analizar de manera simultánea, las condiciones climáticas de las diferentes regiones de Guanajuato y la distribución de los principales tipos de vegetación.

La localización geográfica del estado de Guanajuato va de los 19° 55’ a los 21° 51’ de latitud Norte y de 99° 40’ a 102° 6’ de longitud Oeste (Inegi, 2010). La distancia media al Océano Pacífico y al Golfo de México es de aproximadamente 260 a 450 km y de 230 a 480 km, respectivamente (CONABIO, 2010). Lo anterior determina que el clima de Guanajuato contenga elementos tanto de clima continental como de clima tropical. Debido a ello, el estado presenta un régimen pluvio-térmico contrastado: inviernos muy fríos y secos, y veranos muy cálidos y húmedos (Cuadrat y Pita, 2000). Derivado de su ubicación, también es afectado por una gran variedad de sistemas meteorológicos. En verano por ondas tropicales, vaguadas (canales de baja presión) y líneas de convergencia. En general, por su lejanía del océano y su altitud, el estado es poco afectado por el paso de ciclones tropicales. Por otro lado, en el invierno, se ve afectado por el paso de sistemas frontales (frentes fríos) y las masas de aire polar que los impulsan (Herrera, 1993).

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), el estado de Guanajuato muestra tres zonas climáticas bien diferenciadas (figura 1): el semiárido, ubicado en el norte del estado; el semicálido, que predomina en las partes planas del centro y sur del estado, y una zona templada, que se extiende principalmente hacia las áreas de serranía del centro y sur del estado.

En el cuadro 1 se presentan las descripciones de los principales subtipos climáticos en estas grandes zonas y, como puede apreciarse, los subtipos predominantes corresponden al semiárido templado en el norte del estado, en el que la principal característica es que la evaporación supera a la precipitación prácticamente todo el año; el semicálido subhúmedo en El Bajío, en el cual se presenta una marcada estación seca en el invierno y el templado subhúmedo en las sierras del centro y sureste de la entidad.

En el mapa de la figura 2, se muestra la vegetación predominante en la zona correspondiente a la región templada subhúmeda del estado; esta zona se encuentra localizada a altitudes superiores a los 2 000 msnm; la vegetación predominante en la zona serrana es el bosque de pino, encino y oyamel, los pastizales (naturales e inducidos), algunas veces están asociados a huizachal, a cactáceas como el nopal, el garambullo o el pitayo, y en las partes bajas o planicies se practica la agricultura de temporal, con avena, frijol, haba y maíz, principalmente. En esta zona se encuentra la mayor reserva de bosque en la entidad, aunque en algunas zonas, como la Sierra de los Agustinos, la tala clandestina y el manejo desordenado de los recursos ha reducido notablemente la densidad del bosque.

La región semiseca templada (figura 3) se localiza en altitudes de alrededor de 2 000 a

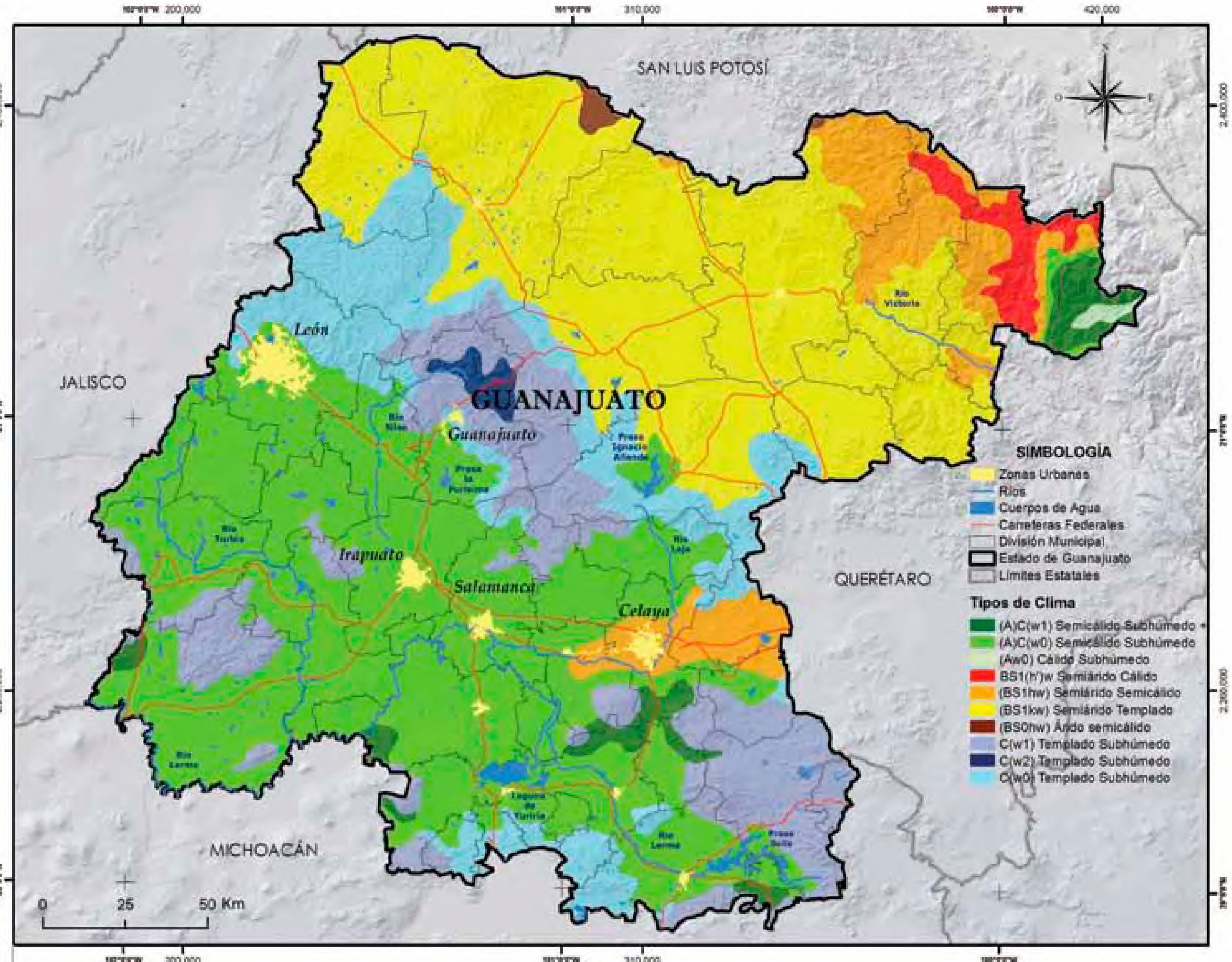


Figura 1. Principales tipos climáticos en el estado de Guanajuato. Fuente: García - CONABIO, 1998; Lobato *et al.*, 2006.

Cuadro 1. Descripción de los principales tipos climáticos en el estado de Guanajuato.

Tipo de clima	Subtipo de clima	Descripción	Ubicación
Semiárido	Semiárido templado	El menos cálido. Temperatura media anual 12-18 °C	Esta condición cubre la mayor parte de la superficie del norte del estado, incluyendo a los municipios de Ocampo, San Felipe, Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, San José Iturbide, Doctor Mora, Tierra Blanca, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en altitudes superiores a los 2 000 msnm
	Semiárido semicálido	Intermedio en cuanto a temperatura media anual >18 °C	Zonas con altitudes entre 1 500 y 2 000 msnm de los municipios de Victoria, Xichú, San Luis de la Paz y Santa Catarina; la zona norte de Apaseo El Alto, la mayor parte de Apaseo El Grande, la región central de Celaya y una pequeña región al norte de Cortazar y sur de Villagrán
	Semiárido cálido	El más cálido. Temperatura media anual >22 °C	Zonas con altitud inferior a los 1 500 msnm de la sierra de Victoria y Xichú
	Árido semicálido	El más seco. Temperatura media anual 18-22 °C	Zona norte de los municipios de San Felipe y San Luis de la Paz que colindan con las regiones áridas de San Luis Potosí
Semicálido	Cálido subhúmedo	El más cálido. Temperatura media anual >18 °C	Atarjea
	Semicálido subhúmedo	Intermedio en cuanto a humedad. Temperatura media anual >18 °C	El Bajío, Pénjamo, Manuel Doblado, Purísima del Rincón, San Francisco, León, Silao, Romita, Cuerámaro, Abasolo, Huanímaro, Valle de Santiago, Pueblo Nuevo, Irapuato, sur de Guanajuato, Salamanca, Yuriria, Moroleón, Uriangato, Jaral del Progreso, Santiago Maravatío, Salvatierra, Cortazar, Villagrán, Juventino Rosas, Comonfort, Celaya, Tarimoro, Acámbaro, Tarandacuao, Jerécuaro, Apaseo El Alto, sur de Apaseo El Grande y parte central de San Miguel de Allende, parte oriental de Xichú
	Semicálido subhúmedo	El más húmedo. Temperatura media anual >18 °C	Pénjamo, Valle, Huanímaro, Yuriria, Salvatierra, Cortazar, Celaya, Tarimoro, Jerécuaro, Acámbaro y Tarandacuao y en el norte zonas de Xichú y Atarjea
Templado	Templado subhúmedo	El más seco. Temperatura media anual 12-18 °C	Sur de Ocampo y San Felipe, Oriente de Dolores, norte de León, partes de Guanajuato, norte de Salamanca e Irapuato, San Miguel de Allende, partes de Comonfort, Celaya, Apaseo el Grande y Apaseo el Alto, sur de San José Iturbide y en el sur del estado las zonas limítrofes con Michoacán de Acámbaro, Salvatierra, Yuriria, Uriangato y Moroleón
	Templado subhúmedo	Intermedio en cuanto a humedad. Temperatura media anual 12-18 °C	San Felipe, León, Silao, Guanajuato, Dolores, San Miguel de Allende, Irapuato, Salamanca, Juventino y Comonfort, así como la Cordillera de los Agustinos en los municipios de Apaseo el Alto, Tarimoro, Jerécuaro, Acámbaro y Coroneo, la Sierra de Pénjamo, ubicada entre Pénjamo, Cuerámaro y Manuel Doblado
	Templado subhúmedo	El más húmedo. Temperatura. media anual 12-18 °C	Guanajuato

Fuente: García, 1998.

2 300 msnm, y abarca la mayor parte del norte del estado. En los valles predomina la agricultura y en los lomeríos los pastizales, sobre todo naturales, y en el área de la montaña se presenta el bosque de pino-encino; además, también se encuentran en esta zona cactáceas, bosque tropical caducifolio y una pequeña extensión de bosque de galería en la parte norte de San Luis de la Paz.

La región semicálida subhúmeda del estado de Guanajuato (figura 4) se localiza en altitudes que van desde los 650 msnm (en el área próxima a la Huasteca) hasta cerca de los 2 000 msnm. En la región denominada El Bajío, que comprende la mayor superficie de esta región, predomina la agricultura tanto de riego como de temporal, con cultivos de maíz, sorgo, trigo, cebada, alfalfa, cebada y hortalizas, mientras que entre la vegetación silvestre todavía se puede encontrar en pequeños manchones aislados cactáceas, bosque de pino-encino (en el noreste del estado colindando con la Huasteca) y, en menor superficie, pastizales y chaparral.

Cambio climático

A lo largo de la historia del planeta se han presentado cambios climáticos globales en los que se ha modificado la biodiversidad de manera contundente. Sin embargo, en los últimos 8 000 años la mano del ser humano ha comenzado a ser un factor predominante en el frágil equilibrio del sistema climático, especialmente en la última centuria (Flannery, 2008). A escala regional, el cambio climático es una realidad debido a la fuerte influencia de la actividad humana en el entorno. Principalmente, la modificación del uso de suelo tiene un efecto claro sobre el comportamiento del clima local, debido al cambio en el albedo (razón entre la radiación solar que entra y la que es reflejada), la rugosidad de la superficie y la humedad que retiene el suelo (Magaña, 2005).

A escala global, hay dos factores principales que favorecen las alteraciones en el clima: cambios en el albedo, en los que la deforestación y la disminución en los casquetes polares son los más importantes, y la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), debido a que alteran la emisividad de la atmósfera (Magaña, 2005). El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) señala que las emisiones de GEI, derivadas de las actividades humanas, son la principal causa del fenómeno de calentamiento global (IPCC, 2007).

Algunos estudios sobre las tendencias de la temperatura en Latinoamérica indican un aumento en gran parte de su territorio, que se manifiestan frecuentemente como olas de calor. En el mismo sentido, las temperaturas mínimas también reflejan un aumento en sus valores (Magaña, 2005). Ante un aumento en la temperatura de la atmósfera, ésta tendría mayor capacidad de contener vapor de agua y, si se mantienen los mecanismos de formación de nubes y lluvias, estas últimas podrían ser menos frecuentes, pero más intensas (Magaña, 2005). Según algunos análisis de tendencias de precipitación en regiones donde se tiene un aumento de temperatura mayor a 4 °C, en la actualidad se presentan más tormentas o eventos severos que hace 50 ó 100 años. Sin embargo, no se tiene evidencia suficiente de que en otras regiones del país haya un aumento en los eventos severos debido al calentamiento regional (Magaña y Gay 2002). Por otro lado, se desconoce la forma y la magnitud en que las diversas formas de vida se verán afectadas. La evaluación del riesgo y la incertidumbre producidos por estos cambios son de considerable importancia para todo el manejo de los recursos genéticos y la biodiversidad en general.

En Guanajuato, como en el resto del mundo, la percepción del calentamiento global es cada día más clara y generalizada, ejemplo de ello es el desarrollo de planes estatales para identificar la vulnerabilidad e iniciar un proceso de adaptación, tomando en cuenta los posibles escenarios de cambio climático. Una muestra es el Programa Estatal de Cambio Climático de Guanajuato, que comenzó a diseñarse desde el año 2008.

En Guanajuato, la variabilidad climática natural aparentemente es muy fuerte. Con la poca información que se tiene, las tendencias sobre un aumento en las temperaturas atribuible al calentamiento o cambio climático global no son claras, según se aprecia en la figura 5, en la que se presentan las series de tiempo de cuatro es-

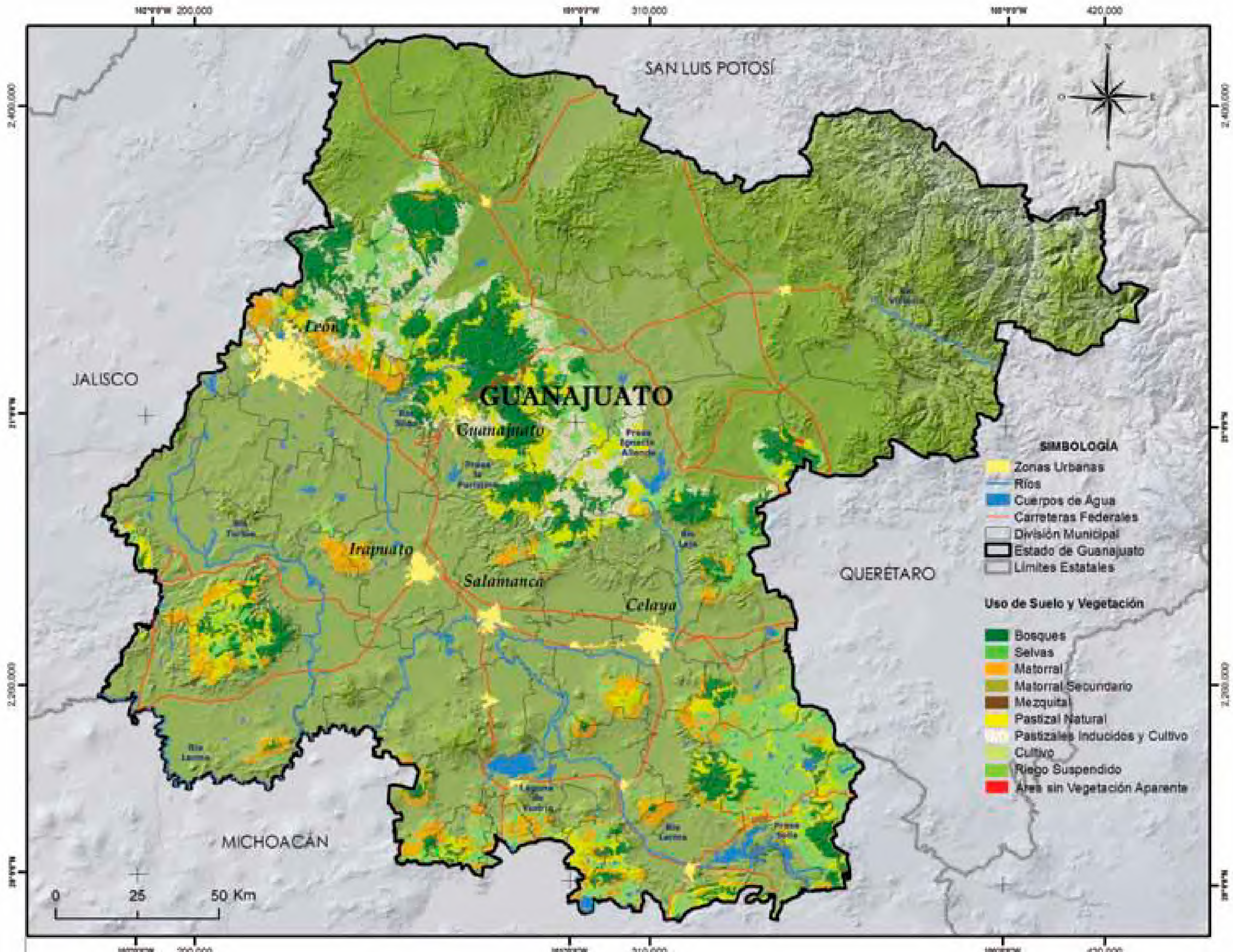


Figura 2. Tipos de vegetación presentes en la región templada del estado. Fuente: CONABIO, 1998.

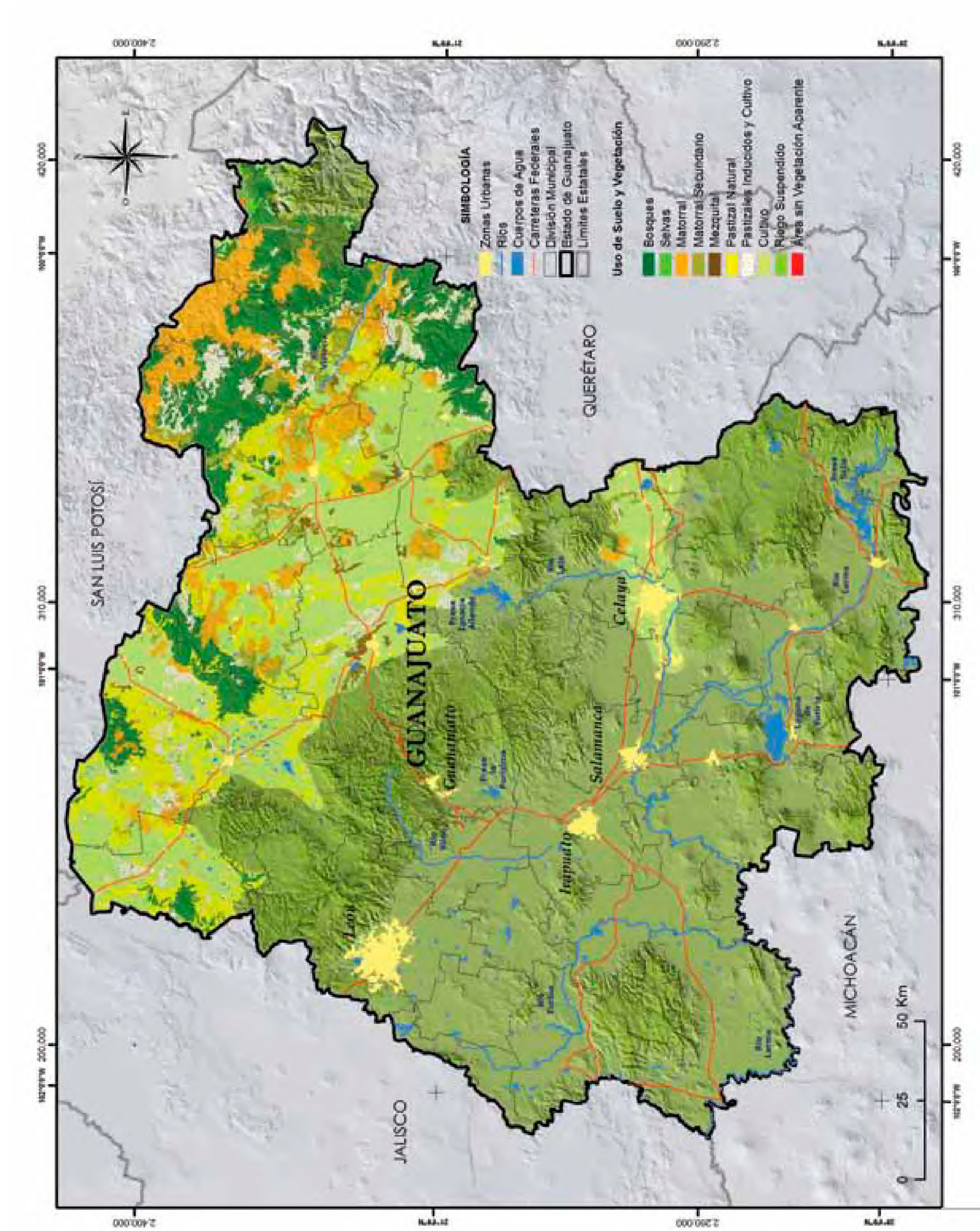


Figura 3. Tipos de vegetación presentes en el clima semiárido. Fuente: CONABIO, 1998.

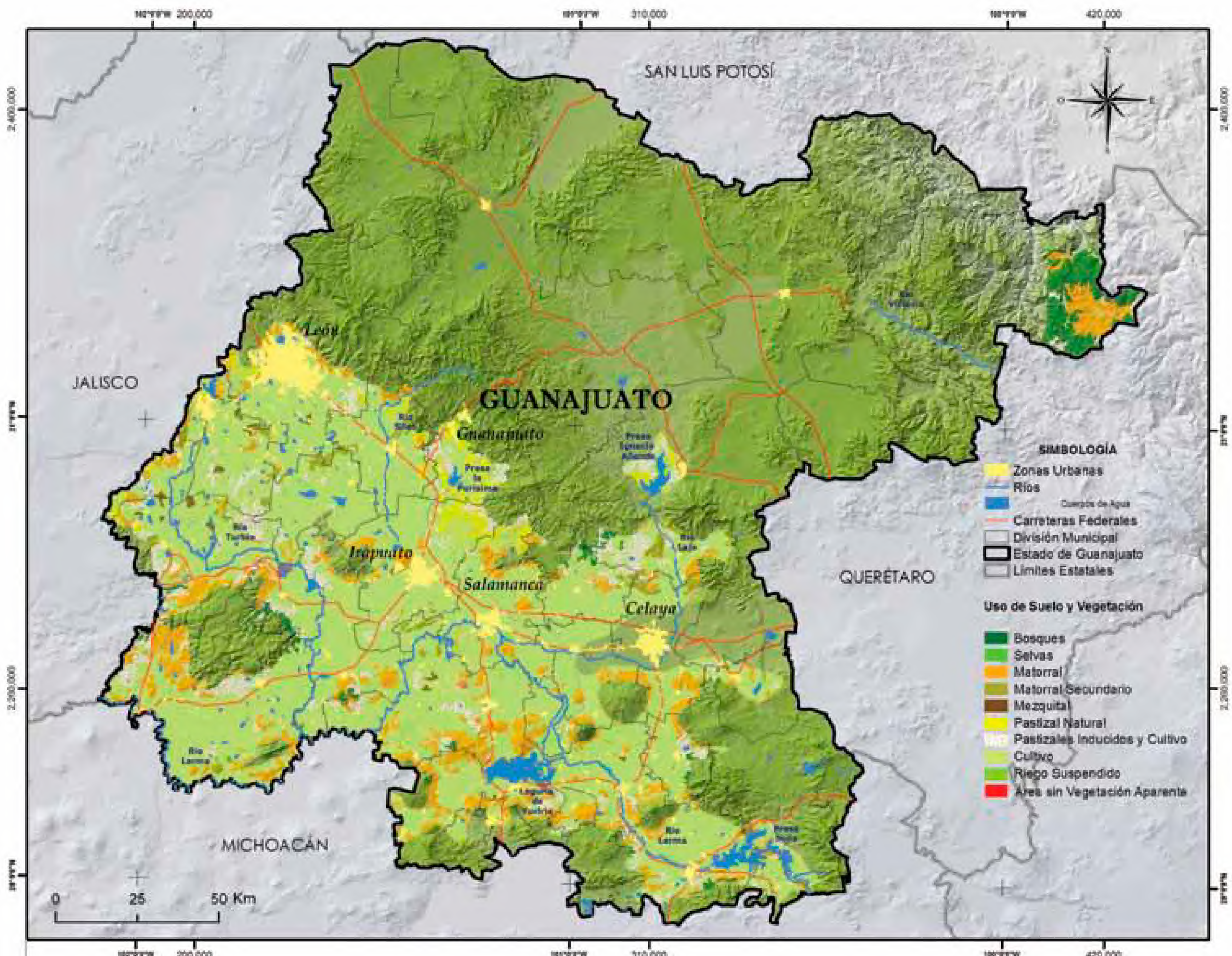


Figura 4. Tipos de vegetación presentes en la región semicálida. Fuente: CONABIO, 1998.

taciones ubicadas en diferentes puntos del estado: Ocampo en el extremo norponiente, San Luis de la Paz en el noreste de la entidad, Irapuato en el centro occidente y Celaya en el centro oriente.

Tanto en la estación Irapuato, como en Celaya y San Luis de la Paz, se han observado temperaturas medias más elevadas en el pasado que en décadas recientes, siendo Ocampo la única que sí presenta un ligero aumento desde la década de 1930. Aparentemente, la temperatura en estas localidades ha experimentado ciclos de elevación y descenso, en los cuales se pueden distinguir diferenciales de entre tres y cuatro grados centígrados.

Sin información anterior a la década de 1930, y basándose únicamente en las gráficas de la figura 5, es difícil determinar si el aumento de temperatura que inicia en la década de 1970 se debe a la variabilidad natural o a la actividad humana en la región, ya que es indudable que en el Bajío la agricultura despliega una intensa actividad relacionada con la quema de residuos y la elevada aplicación de fertilizantes nitrogenados que contribuyen significativamente a la emisión de gases invernadero hacia la atmósfera. Por otra parte, la irracional descarga de aguas residuales a los principales ríos del estado promueve la contaminación y destrucción de hábitats naturales a su paso por el estado. En el norte y otras zonas del centro de la entidad, la excesiva explotación de los acuíferos, sobre todo para la producción de hortalizas de exportación, es la mayor amenaza para las coberturas vegetales naturales de esa región (SPP, 1980).

En síntesis, se puede afirmar que el clima y la biodiversidad se relacionan estrechamente, pues en cada región la cantidad y la distribución de los seres vivos dependen de las condiciones climáticas. La biodiversidad también afecta al clima, sobre todo a través de la función reguladora de la vegetación en los flujos de energía y humedad entre la atmósfera y el suelo. De acuerdo con lo anterior, es importante reconocer que el riesgo mayor para la biodiversidad se relaciona con la alteración e, incluso, con la desaparición de los hábitats naturales de una gran cantidad de especies, en ambos casos por efecto de la acción humana descontrolada. Son

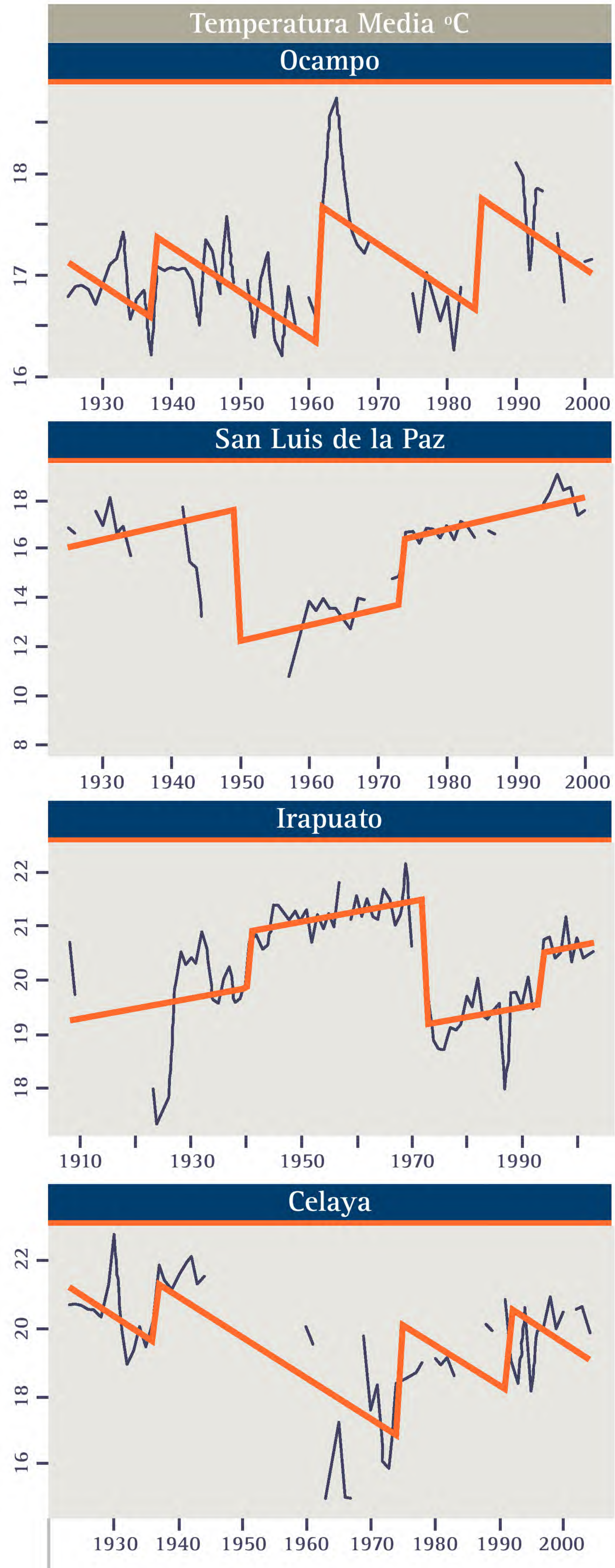


Figura 5. Variación interanual de la temperatura media en cuatro estaciones de Guanajuato. Fuente: Conagua 2010.

estas alteraciones las que modifican drásticamente el paisaje y aceleran el cambio climático y la desertificación (Flannery, 2008).

La diversidad del paisaje en Guanajuato ofrece variedad de estampas, ya sea semidesérticas adornadas por cactáceas, pastos y matorrales en las elevadas planicies del norte, que ofrecen un clima seco y templado; extensas llanuras en las que florece la agricultura bordeada de pirules, casuarinas y, eventualmente, algún mezquite, representativo de lo que fue la flora natural en la región del Bajío con un clima cálido y subhúmedo; mientras que en la zona serrana, aún es posible disfrutar de las condiciones templadas y subhúmedas de los bosques de pino y encino. Es muy importante que la sociedad entienda el delicado equilibrio que existe entre estos paisajes y las condiciones climáticas y el gran riesgo de alterarlo.

No se puede cuidar el ambiente si la sociedad en general desconoce o desestima la relación entre el clima y la biodiversidad. El cambio climático no es un proceso que ocurra de manera independiente a la acción del hombre, por lo tanto, es necesario y urgente tomar conciencia del fuerte impacto que las actividades humanas están generando en nuestro entorno.

Literatura citada

Barradas, V. 1994. *Instrumentación Biometeorológica*. México, Ediciones Científicas Universitarias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Fondo de Cultura Económica (FCE).

Betts, R.A. 2004. "Global vegetation and climate: Self-beneficial effects, climate forcings and climate feedbacks", *Journal de physique*, selected papers from the 11th and 12th session of ERCA, pp. 37-60.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998*a*. *Climas* (Clasificación de Kôppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000, CONABIO, México. *www.conabio.gob.mx/informacion/gis/*, última consulta 13 de agosto de 2011.

———. 1998*b*. 'Uso de suelo y vegetación de Inegi agrupado por CONABIO'. Escala 1:1 000 000. Modificado de: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi)-Instituto Nacional de Ecología (INE), (1996). Uso del suelo y vegetación, escala 1:1 000 000. México.

———. 2010. *División Política Estatal*. Versión 3. Escala 1:250 000. Modificado de conjunto de datos vectoriales y toponimia de la cara topográfica. Serie III.

Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2010. Normales Climatológicas por estación. Guanajuato. en: http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/catalogos/cat_gto.html, última consulta 26 de octubre de 2011.

Cuadrat, J. y F. Pita. 2000. *Climatología*. Madrid, Cátedra.

Flannery, T. 2008. *El clima está en nuestras manos*. México, Taurusminor.

García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*, 2ª ed., corregida y aumentada, UNAM.

Garduño, R. 1998. *El veleidoso clima*. México, La ciencia para todos, 127, FCE.

Herrera, R. y A. Méndez. 1993. *Análisis e Interpretación de Situaciones Sinópticas Básicas*. México, Comisión Nacional del Agua (Conagua)/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2003-2004. *Marco Geoestadístico Municipal*. Versión 4.1 (Censo Económico 2009-Planeación Censo de Población y Vivienda 2010). Escala 1:250 000. México.

———. 2010. *www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=11*, última consulta 13 de agosto de 2011.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, en S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

Lobato, R., R. Vázquez y M. Sosa. 2006. Programa: ERIC III. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

Magaña, V. y C. Gay. 2002. "Vulnerabilidad y Adaptación Regional Ante el Cambio Climático y sus Impactos Ambientales", Sociales y Económicos, *Gaceta Ecológica* **65**: 7-23.

———. 2005. *Evaluación de modelos y construcción de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático*, México, 3° informe (final) del proyecto Semarnat/INE.

SCDB (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica). 2010. *Perspectiva Mundial* sobre *la Diversidad Biológica 3*. Montreal. *www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-es.pdf*, última consulta 16 de marzo de 2011.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2006. "Glosario", en *http//smn.cna.gob.mx/*.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1980. *Síntesis Geográfica de Guanajuato*. México, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

LOS SUELOS DE GUANAJUATO

Juan A. Quijano-Carranza | Ramiro Rocha-Rodríguez

Introducción

El suelo es la base de los procesos físicos, químicos y biológicos que sustentan la diversidad biológica terrestre; de su calidad, estado y conservación depende la continuidad de la producción de bienes y servicios ambientales. En este sentido, el objetivo de esta contribución es introducir de manera general las principales características de los suelos del estado de Guanajuato, los principales procesos de deterioro a los que está sujeto, así como delinear algunos puntos que deben considerarse para elaborar una estrategia para su conservación.



(Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

Quijano-Carranza, J.A. y R. Rocha-Rodríguez. 2012. "Los suelos de Guanajuato"en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 74-81.

Suelo y biodiversidad

En combinación con el clima, uno de los factores que determina fundamentalmente la riqueza y distribución de especies en una región es el suelo, el cual puede considerarse como uno de los recursos naturales no renovables más importantes. El suelo proporciona el agua y los nutrientes que las plantas requieren para llevar a cabo la conversión primaria de energía, proceso mediante el cual se da sustento al resto de los organismos en el planeta. De igual manera, el suelo proporciona un soporte físico a la vegetación y constituye un componente fundamental del movimiento de materia y energía en los ecosistemas tanto a escala local como global (Chapin *et al*., 2001). En tal sentido, la biodiversidad en su conjunto es afectada por los cambios en el uso del suelo, las modificaciones a su cobertura y los procesos de contaminación y degradación. Al igual que en el caso del clima, es importante conocer el estado de conservación o deterioro de este recurso y los procesos de cambio a los que está sujeto para entender los posibles efectos sobre la diversidad biológica de una región determinada.

La importancia del suelo radica en que la combinación de sus diferentes características fisicoquímicas, así como la diversidad de la flora y fauna que sostiene, configuran paisajes naturales, algunos de los cuales resultan tanto en una serie de servicios ambientales como en belleza escénica, variables que pueden ser consideradas para el establecimiento de áreas protegidas o para el desarrollo de actividades ecoturísticas, entre otros instrumentos de conservación y aprovechamiento sustentable.

El suelo alberga una gran cantidad y diversidad de seres vivos: bacterias, hongos y otros microorganismos cuya abundancia se estima en millones por metro cuadrado (Chapin *et al*., 2001). Existe una red compleja de interacciones entre la biodiversidad del suelo, el tipo de vegetación que éste sostiene y el funcionamiento de un ecosistema. La cubierta vegetal de un suelo afecta a la comunidad de organismos que lo habitan y, a su vez, la comunidad de organismos determina la productividad y la composición de la cubierta vegetal (Van der Putten, 2005). Los cambios en la vegetación, en las propiedades físicas y químicas del suelo y el clima afectan la capacidad del ecosistema para mantener la biodiversidad (Ad-Hoc, 2003).

Características de los suelos del estado

Desde el punto de vista físico-químico, los suelos en Guanajuato presentan características muy variables, con diferencias en textura, pH, profundidad, contenido de materia orgánica, cantidad de nutrimentos, etcétera. En la figura 1 se muestran los principales tipos de suelo del estado de acuerdo con la Clasificación Mundial de Suelos de la FAO, en donde destacan los Vertisoles al sur del estado y los tipos Feozem (háplico y lúvico) en el norte. También se presentan con una superficie menor los Litosoles, Luvisoles y Planosoles, principalmente.

En el cuadro 1 se muestran los tipos de suelo presentes en el estado con sus principales características, superficie expresada en hectáreas y el porcentaje de cada uno respecto a la superficie total estatal. Se distingue que más de 80% de la superficie está ocupada por los suelos Feozem y Vertisol.

La capacidad de un suelo para almacenar agua determina de forma importante su capacidad para albergar formas de vida, lo que depende en gran medida de características físicas como la profundidad y la textura, además del contenido de materia orgánica. En general, los suelos más profundos disponen de mayor espacio para el almacenamiento de humedad. La textura de un suelo está definida por la proporción de las partículas elementales de diferentes tamaños que lo conforman. Las texturas medias y finas (migajones y arcillas) poseen una mayor capacidad para retener la humedad. Por otra parte, los suelos con mayor contenido de materia orgánica son más fértiles, poseen mayor cantidad de organismos vivos y conservan mejor la humedad (Aguilar, 2005).

En la figura 2, se muestra la profundidad de la capa fértil del suelo para las diferentes regiones del estado; se puede distinguir que en las planicies, por lo general, se ubican suelos con profundidades mayores a 70 cm y son más comunes en el sur del estado, en tanto que en los

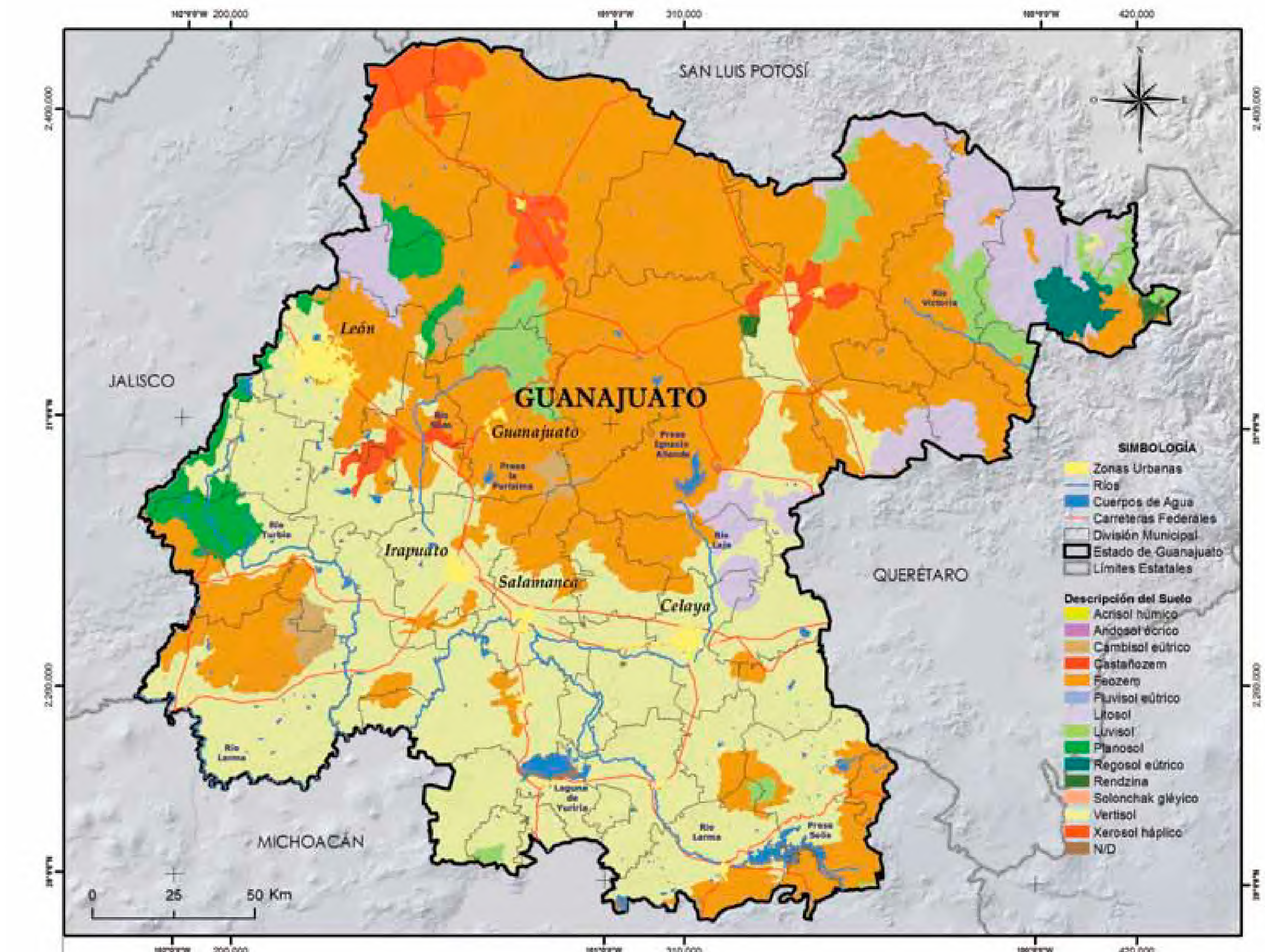


Figura 1. Unidades de suelo predominantes en el estado de Guanajuato. Fuente: INIFAP/CONABIO, 2001.

Cuadro 1. Características de los principales tipos de suelo del estado de Guanajuato.

Tipo de suelo	Descripción	Hectáreas	Porcentaje de la superficie estatal
Acrisol Húmico	Suelos sumamente intemperizados con horizontes arcillosos	6.51	0.0002
Andosol Ócrico	Suelos formados de cenizas volcánicas con superficies obscuras	139.07	0.0046
Cambisol Eútrico	Suelo poco desarrollado, aún con características semejantes al material que le da origen, de color claro, presentan cambios de estructura o consistencia debido a la intemperización	27 237.53	0.90
Castañozem Cálcico	En General los Castañozems, Chernozems y Feozems son prácticamente muy parecidos, típicos de pastizales y su diferencia radica en el contenido de carbonatos y la intensidad de color	11 978.05	0.39
Castañozem Lúvico	En General los Castañozems, Chernozems y Feozems son prácticamente muy parecidos, típicos de pastizales y su diferencia radica en el contenido de carbonatos y la intensidad de color	16 325.06	0.54
Feozem Háplico	Presentan una superficie de color obscuro, más lixiviada que los Castoñozems y los Chernozems, textura arcillo arenosa. Consistencia friable húmeda	982 872.54	32.31
Feozem Lúvico	Presentan una superficie de color obscuro, mas lixiviada que los Castoñozems y los Chernozems, textura arenosa. Consistencia suelta en húmedo	384 356.30	12.63
Fluvisol Eútrico	Son suelos depositados por el agua; ocurren generalmente en las márgenes de las corrientes, de las cuales reciben aportes de materiales recientes de manera regular	612.40	0.02
Litosol	Suelos pedregosos, poco profundos, sin perfil	213 057.29	7.00
Luvisol Crómico	Son suelos de contenido mediano a lato de bases con horizontes arcillosos que evidencian un proceso continuo de lavado de bases	74 980.11	2.46
Luvisol Órtico	Son suelos de contenido mediano a lato de bases con horizontes arcillosos que evidencian un proceso continuo de lavado de bases	27 938.49	0.92
Planosol Eútrico	Suelos con drenaje deficiente debido a que presentan en el suelo una capa de muy baja permeabilidad	40 130.23	1.32
Planosol Mólico	Suelos con drenaje deficiente debido a que presentan en el suelo una capa de muy baja permeabilidad	32 508.75	1.07
Regosol Eútrico	Son suelos delgados, se consideran poco desarrollados sobre materiales no consolidados, se encuentran en cualquier tipo de clima y generalmente sobre topografía accidentada	20 909.17	0.69
Rendzina	Son suelos que se asientan sobre calizas duras, con alto contenido de carbonato de calcio. Estos suelos son fruto de la erosión	5 555.82	0.18
Solonchak Glé yico	Suelos con alto contenido de sales solubles en alguna parte o en todo el perfil	108.58	0.0036
Vertisol Crómico	Suelos autoabonados, ricos en arcilla	1 478.62	0.05
Vertisol Pélico	Suelos autoabonados, ricos en arcilla	1 144 756.05	37.63
Xerosol Háplico	Son suelos calizos, con porosidad moderada y drenaje deficiente	57 256.00	1.88
Total		**3 042 206.58**	**100.00**

Fuente: INIFAP, 2001.

lomeríos o montañas, se presentan profundidades menores a 70 cm, localizados con mayor frecuencia en el norte del estado.

En el mapa de la figura 3 se muestra la distribución de texturas en los diferentes suelos del estado, pudiéndose apreciar que, en general, en la parte norte predominan los suelos de tipo migajón, denominación que indica que están constituidos en una mayor proporción por arenas que por arcillas. Estos tipos de suelos poseen una baja capacidad de retención de la humedad debido a su mayor permeabilidad y a que su textura es gruesa, así como a que son poco profundos y contienen escasa materia orgánica, la cual es menor a 1.5% en los 30 cm superficiales (SPP, 1980). En el centro y sur del estado son más frecuentes las texturas arcillosas, las cuales por su naturaleza física, aunada a la mayor profundidad, poseen una mayor capacidad de retención de la humedad, aunque su contenido de materia orgánica generalmente también es considerado bajo, ya que es menor a 2% (SPP, 1980).

Principales procesos de deterioro

De acuerdo con Casillas-González (2000), este importante recurso natural se encuentra actualmente en un proceso de degradación, sobre todo en los terrenos agrícolas, la cual se puede clasificar en tres modalidades principales:

- Disminución en el contenido de materia orgánica de los suelos y en la actividad biológica de los mismos, lo que se refleja en la pérdida de su fertilidad natural.
- Destrucción de la estructura del suelo, lo que da como resultado la compactación y la reducción en la capacidad de almacenamiento de humedad.
- La pérdida del suelo mismo (proceso conocido genéricamente como erosión), que se refleja en lo delgado de la capa arable, incapaz de sostener cultivos o vegetación natural.

Este proceso se ha intensificado en el estado, afectando no sólo a las áreas agrícolas, sino también a importantes zonas de reserva. Factores como la siembra de monocultivos y la agricultura intensiva han provocado la disminución del contenido de materia orgánica y en consecuencia de la actividad biológica en los suelos de uso agrícola.

Sin embargo, la pérdida de la cobertura vegetal, ya sea por la tala clandestina, la extracción de hojarasca de las escasas zonas boscosas o por los cambios desordenados en el uso del suelo, ha ocasionado los mayores daños al suelo y a la biodiversidad. Cuando se remueve la cubierta vegetal de un suelo, se reduce sensiblemente su capacidad para retener humedad y regular la temperatura, lo cual afecta directamente a los microorganismos del suelo. Un suelo con menos organismos vivos tiende a erosionarse más fácilmente por acción del viento y de los escurrimientos (FAO, 1978).

De acuerdo con cifras de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, citados por Casillas-González (2000), 43.1% de la superficie de Guanajuato presenta una erosión calificada como muy severa, mientras que el resto lo presenta en grados que se califican desde leve (7.7%) hasta moderada y severa (23.4 y 25.8%, respectivamente). Los suelos poco profundos se erosionan fácilmente en terrenos con pendientes pronunciadas, lo que los hace poco aptos para la agricultura e incluso para el pastoreo.

Comentarios finales

Aunque el tema de la biodiversidad cada día parece estar más presente en la conciencia del ciudadano medio, otros temas, como la conservación del suelo, cuya relación con el primero es de gran importancia, quizás no han tenido toda la atención que merecen.

Las estrategias para la conservación de la biodiversidad necesariamente deberán considerar como temas prioritarios: a) La restauración de los suelos altamente degradados en ambientes particularmente frágiles como agostaderos y selvas bajas, y b) La conservación y mejoramiento de los suelos en terrenos agrícolas y forestales.

Para lograr lo anterior es necesaria la implementación de políticas públicas que privilegien los intereses públicos sobre los privados y los criterios humanistas y ecológicos sobre los económicos.

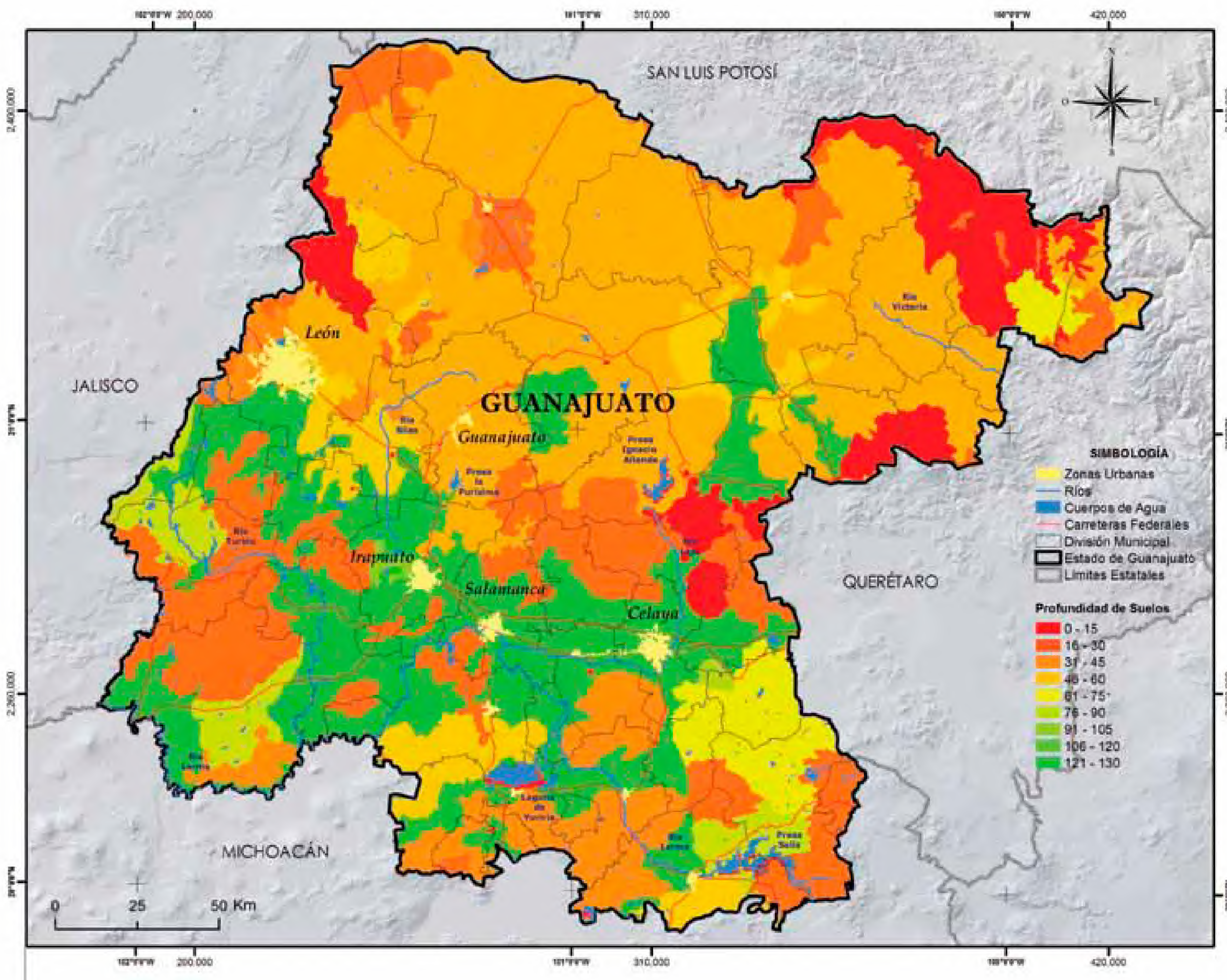


Figura 2. Profundidad de la capa fértil del suelo en el estado de Guanajuato. Fuente: INIFAP/CONABIO, 2001.

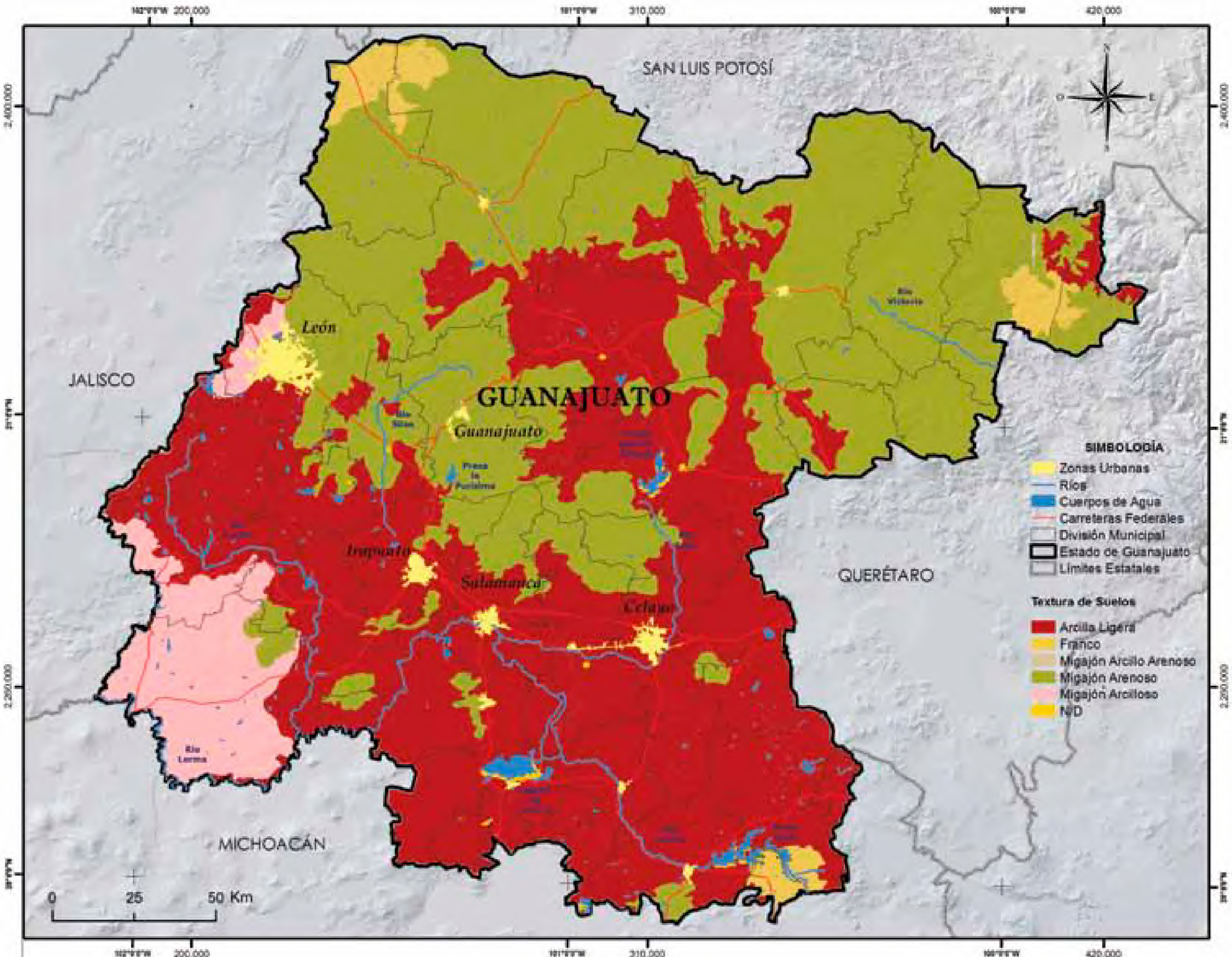


Figura 3. Clasificación textural de los suelos predominantes en el estado de Guanajuato. Fuente: INIFAP/CONABIO, 2001.

Literatura citada

Ad-Hoc Technical Expert Group on Biological Diversity and Climate Change. 2003. CBD Technical Series núm. 10. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. *Guidelines for promoting synergy among activities addressing biological diversity, desertification, land degradation and climate change.* CBD Technical Series núm. 25. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Aguilar, G.R. (coord.). 2005. "Efecto de prácticas conservacionistas sobre la humedad disponible en el suelo y producción de maíz de temporal en Guanajuato", en C. Sánchez-Brito, *Avances de Investigación en agricultura sostenible III: Bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad*. Morelia, Michoacán, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias(INIFAP)/Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible (Cenapros), pp. 245-270.

Casillas-González, J.A. 2000. "Visión del Gobierno de Guanajuato para rehabilitar Microcuencas Hidrográficas", en T.R.L. Terrones-Rincón, y E. Morales-Torres (eds.), *Combate de la Desertificación*, publicación especial núm. 1, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato.

Chapin, F.S., O. E. Sala y E. Huber- Sannwald (eds.). 2001. *Global biodiversity in a changing environment: scenarios for the 21st century/editors. Ecological Studies* (152), Library of Congress, Springer.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1978. *Soil erosion by water. Some measures for its control on cultivated land*. Land and water development, series núm. 7.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)/CONABIO (Comisión para el Conocimineto y Uso de la Biodiversidad). 2001. *Edafología Escala 1:250 000 y 1:1 000 000.* México.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1980. *Síntesis Geográfica de Guanajuato*. México, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

Van der Putten, W.H. 2005. "Plant-soil feedback and soil biodiversity affect the composition of plant communities", en R.D. Bargett, M.B. Usher y D.W Hopkins (eds.), *Biological diversity and function in soils*, Cambridge University Press.

1 Capítulo

LA CUENCA LERMA-CHAPALA

Helena Cotler Ávalos

Introducción

La cuenca hidrográfica constituye un territorio delimitado naturalmente por las partes altas o parteaguas, que determinan que el agua que recorre todo el territorio confluya y desemboque en un punto común. A su paso, el agua es utilizada para distintas actividades humanas que desechan en ella, de manera directa o indirecta, sedimentos, contaminantes y nutrientes; es decir que los sistemas de producción y las actividades productivas realizadas en este territorio generan externalidades que se reflejan en la cantidad, variabilidad y calidad del agua. En este apartado se describen de manera general las características de la Cuenca Lerma-Chapala en el estado de Guanajuato y el impacto de las actividades productivas sobre la misma.



Atardecer (fotografía de José Luis Telles Oros Concurso de Fotografía Cuidemos Nuestros Humedales IEE, 2010).

Cotler, H. 2012. "La cuenca Lerma-Chapala"en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 82-87.

Localización

El estado de Guanajuato está inmerso en tres cuencas importantes del país: las cuencas de los ríos Pánuco, Santiago y Lerma-Chapala. Sin embargo, es en la cuenca Lerma-Chapala, en donde el estado de Guanajuato ejerce su mayor impacto, ya que ocupa 43.75% de su superficie. En ella, las laderas montañosas y lomeríos del estado constituyen las zonas altas y medias de la cuenca, donde se forman los primeros órdenes de corriente de los ríos (figura 1).

La cuenca Lerma Chapala se localiza en la parte central de México (19°03' a 21°34' N y 99° 16' a 103°31' W), donde se extiende desde el nacimiento del río Lerma (a 4 600 msnm) hasta su desembocadura en el Lago de Chapala (a 1 600 msnm), y abarca una extensión de 53 591.3 km^2, que representa 2.73% del territorio nacional. El amplio gradiente altitudinal (3 000 m) se refleja en variaciones climáticas que determinan la presencia de numerosas comunidades vegetales dispuestas en tipos de suelos contrastantes. Como resultado, la biodiversidad de la cuenca es extensa y ofrece numerosos servicios ambientales (Cotler *et al.*, 2006).

La situación céntrica de la cuenca, bajo condiciones de clima templado sobre el Eje Neovolcánico Transversal, propiciaron el aprovechamiento intensivo del territorio desde la época colonial. Además, su ubicación administrativa entre dos de las ciudades más importantes del país (Guadalajara y el Distrito Federal) aceleró el crecimiento de la región. Como resultado, la cuenca alberga a 15 millones de habitantes, concentrados en las principales ciudades (León, Irapuato, Celaya, Querétaro, Salamanca y Toluca), con una densidad de población de 187 hab/km^2, tres veces mayor al valor nacional (Cotler *et al.*, 2006). Esta situación se refleja en algunos municipios del estado de Guanajuato, ubicados en la cuenca Lerma-Chapala, como León (903 hab/km^2), Celaya (692 hab/km^2) e Irapuato (521 hab/km^2); aunque en el otro extremo se presentan localidades y municipios dispersos, como el municipio Victoria, que sólo llega a 17 hab/km^2.

La utilización continua e intensiva del territorio presentó fases sucesivas que, a grandes rasgos, se pueden mencionar: la explotación de minerales, el monocultivo de cereales y la instalación de industrias (de equipo de transporte, alimentaria, de productos de cuero, derivados de petróleo, entre otros). Aunado a la expansión de las ciudades, estas actividades requirieron bienes y servicios ambientales en elevadas proporciones, dejando a su paso una profunda huella en el paisaje.

Impacto de las actividades productivas en la dinámica de la cuenca Lerma-Chapala

La población del estado de Guanajuato en la cuenca Lerma-Chapala está asentada en 40 municipios que agrupaban, en el año 2000, una población de 4 588 715 habitantes. Su distribución en el territorio de la cuenca es heterogénea: en la zona alta de la misma se localizan 1 616 localidades, que concentran 372 014 habitantes, mientras que en la zona media se ubican 6 328 localidades que reúnen a 4 145 870 habitantes.

Las actividades realizadas en las áreas urbana y rural del estado de Guanajuato afectan directamente a cuatro de las subcuencas pertenecientes a la cuenca Lerma-Chapala: río Turbio, La Purísima, Ignacio Allende y parte del Alto Lerma. Mientras que las dos primeras se ubican bajo un clima templado húmedo con verano largo y fresco y lluvias en verano (oeste del territorio), las dos siguientes se caracterizan por un clima árido con lluvias en verano (este y sur del territorio).

El carácter torrencial de los ríos tributarios del Lerma obligó a los propietarios de la tierra de la región guanajuatense a buscar opciones de manejo del agua desde el siglo XVII. Las alternativas fueron varias, desde las cajas de agua (llamado sistema de entarquinamiento), que aprovechaban los sedimentos y el agua de los ríos para mantener cultivos en época de secano, hasta la construcción de diferentes y variados diseños de presas. Es así como desde esa época hay constancia del control del agua para el desarrollo de actividades productivas (Sánchez, 2007).

El principal cambio en el paisaje inició entonces con el represamiento de los ríos para proveer de riego a superficies agrícolas, para el consumo humano y el control de avenidas. Así, 43% de las presas situadas en la cuenca Lerma-

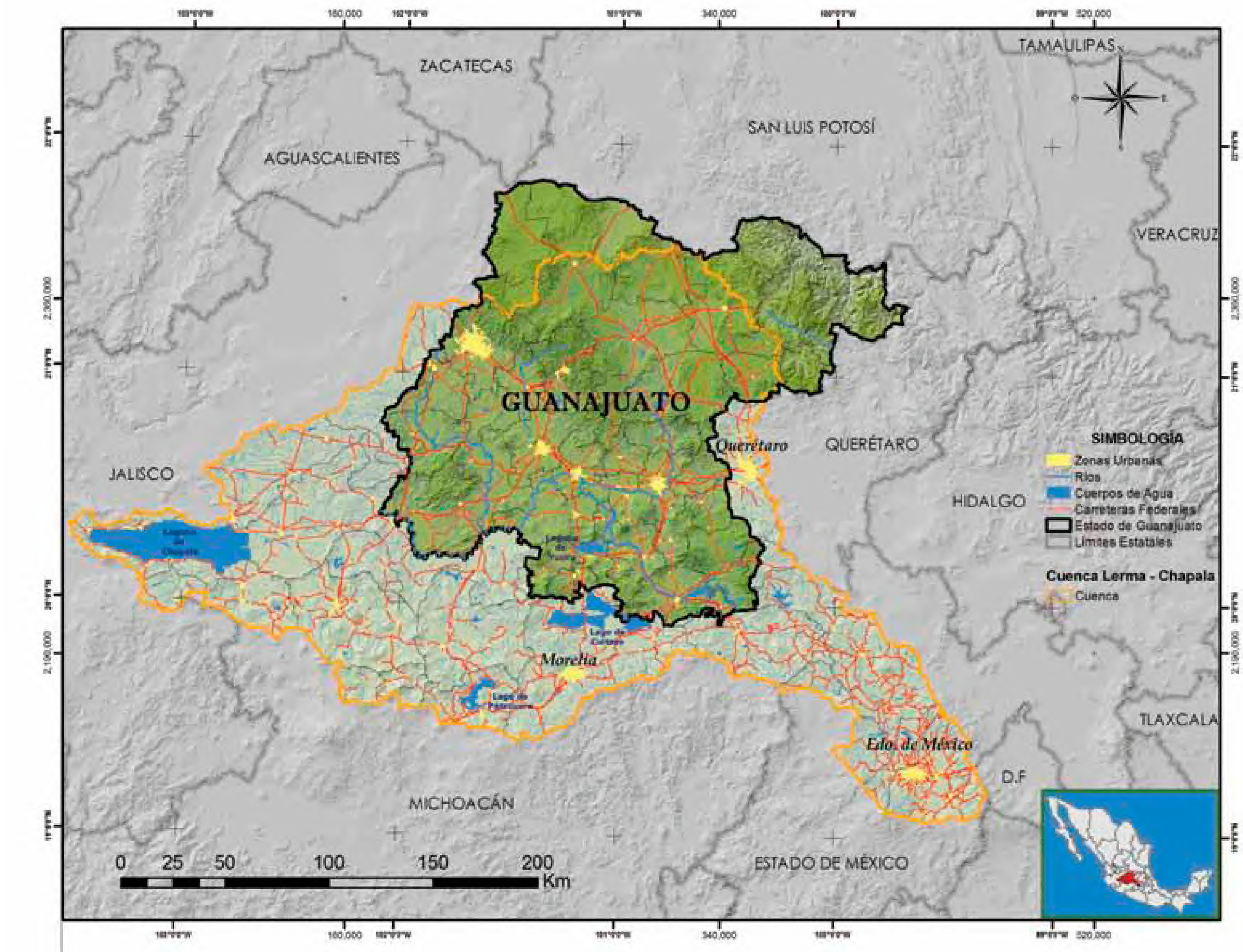


Figura 1. Localización del estado de Guanajuato en la cuenca Lerma-Chapala. Fuente: Cotler *et al.*, 2006. Elaborado por Noemí Luna.

Chapala se ubican en la porción correspondiente al estado de Guanajuato (que cuenta con 242 presas y 470 bordos) donde el destino principal del agua se dirige a las áreas agrícolas y al consumo humano. Sin embargo, esta tecnología genera un fuerte impacto ambiental en los ecosistemas, lo que modifica patrones naturales de flujos de agua, fragmenta la conectividad de los ecosistemas fluviales y altera los pulsos que mantienen los hábitats ribereños. Estos procesos alteran la calidad del agua y, por ende, sus poblaciones piscícolas. Las actividades productivas en esta región se diferencian territorialmente; por un lado, la subcuenca del río Turbio concentra ciudades grandes como la ciudad de León de los Aldama (que posee alrededor de 1 134 842 habitantes) y otras medianas como Pénjamo, San Francisco del Rincón y otros 10 municipios que poseen poblaciones menores a los 100 000 habitantes. En ellos, la industria constituye la actividad principal y la fuente de contaminación más importante (Ruiz-López, 2002). Como consecuencia, la calidad del agua de este afluente no es apta como fuente de abastecimiento de agua potable, recreación, pesca y vida acuática, y está en los límites de aptitud para los usos industrial y agrícola.

En contraste, en la subcuenca Ignacio Allende sólo se encuentran dos localidades que superan los 50 000 habitantes: San Miguel Allende, con 59 691, y Dolores Hidalgo, con 50 391. Esta subcuenca presenta la mayor superficie de cubierta vegetal original (45.9%), de la Cuenca Lerma-Chapala, aunque no ha estado exenta a un intenso cambio de uso del suelo, ya que entre 1976 y 2000 fueron afectadas 35 000 ha de vegetación transformándolos a algún tipo de cobertura antrópica. Como consecuencia, la erosión hídrica superficial afecta a 47% de la superficie total de la subcuenca.

La respuesta ambiental de estas actividades se refleja claramente en indicadores de calidad del agua, cuenca abajo. En la región guanajuatense se muestra una tendencia general al incremento de coliformes fecales en la época de secas de los años 2003 a 2005, donde los conteos superaron lo estipulado por la norma para agua de riego agrícola y protección de vida acuática. Algunos casos extremos se presentan en el río Turbio, con valores de conteos bacterianos extremadamente altos (110 000 000 NMP/100 mL) (Zarco *et al*., 2006). Aguas abajo, en esta misma subcuenca, la presa El Carmen se caracteriza por su alto grado de mineralización, enriquecimiento de nutrientes y altos valores de clorofila a (Sedeño-Díaz y López-López, 2007). Mientras que la presa Potrerillo, embalse rodeado por una zona de actividad ganadera, muestra un grado medio de mineralización y valores altos de coliformes totales y fecales (Sedeño-Díaz y López-López, 2007).

En el oriente del estado, la presa Ignacio Allende presenta un alto grado de mineralización, enriquecimiento de nutrientes y altos valores de clorofila *a*; asimismo, presenta altas concentraciones de sedimentos, lo que le da un color muy turbio. Estas condiciones la ubican como uno de los cuerpos de agua con mayor grado de eutrofización en la cuenca (Sedeño-Díaz y López-López, 2007).

Las actividades desarrolladas en esta región superan altamente la oferta natural hídrica superficial de sus subcuencas, por ello, el uso del agua subterránea es actualmente la fuente más importante del estado. Aunque hay mucha variación en los datos sobre agua subterránea, el estimado apunta a una extracción anual de 4 200 millones de m^3, mientras que la recarga sólo llega a 2 950 millones de m^3. Esta situación crea un déficit anual de 1 200-1 300 millones de m^3 (CEAG, 2001; Hoogesteger, 2004), el cual se agrava por la deficiente calidad del agua, debido al aumento de la concentración de sales solubles, sodio, bicarbonato y pH (Castellanos *et al*., 2002).

Los ecosistemas acuáticos son, en cierta medida, capaces de asimilar el estrés ambiental debido a descargas de efluentes o de nutrientes excesivos, pero cuando este estrés excede la capacidad del ecosistema para absorberlo, entonces el sistema muestra síntomas de degradación ambiental, como una disminución en la biodiversidad (Loeb, 1994). Como se verá a continuación, este es el caso del río Lerma y varios de sus afluentes, donde diversos estudios mencionan la pérdida de los hábitats acuáticos, así como cambios en la distribución y abundancia de patrones de especies nativas (López-López y Díaz-Pardo, 1991; Díaz-Pardo y Pineda, 2006). Como ejemplos, pueden mencionarse a *Chirostoma charari*

y *C. compressum*, dos especies nativas del río Lerma ya extintas. Dos especies más (*Algansea barbata* y *Hubbsina turneri*) están enlistadas en peligro de extinción y otras tres (*Skiffia lermae*, *S. bilineata* y *Allotoca dugesi*) tienen un estatus de amenazadas. Además, la pesquería del bagre nativo (*Ictalurus dugesi*) en el lago de Yuriria, se perdió debido al crecimiento desmesurado del lirio acuático y a la eutrofización; mientras el charal (*Chirostoma bartoni*), microendémico del lago-cráter de Valle de Santiago, está próximo a la extinción debido a la extracción de agua.

Conclusiones

Los párrafos anteriores muestran claramente que el desarrollo promovido en esta región ha priorizado el aprovechamiento de ciertos servicios ambientales a costa de otros. Algunos servicios de provisión, como alimentos, provenientes de la agricultura y la ganadería e insumos industriales (como productos de la curtiduría), han sido privilegiados, relegando a un segundo plano otros servicios ambientales como los servicios de regulación de la erosión de suelos, regulación climática, biodiversidad, respuesta a eventos naturales extremos, así como servicios de provisión como son el agua, alimentos derivados de pesca, madera y leña, entre otros. En resumen, se ha privilegiado el uso de los recursos con una visión de beneficio a corto plazo a costa del desarrollo sustentable de la cuenca (Balvanera, Cotler *et al*., 2008).

El análisis de las externalidades de las actividades productivas, en el contexto de la cuenca Lerma-Chapala, permite entender las causas de la pérdida de biodiversidad y el deterioro de la provisión de los servicios ambientales que presenta actualmente la región guanajuatense. Asimismo, este enfoque de cuenca posibilitaría priorizar y atender de manera coordinada los principales problemas de la misma.

Literatura citada

Balvanera, P., H. Cotler *et al*., 2009. “Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos”, en R. Dirzo, R. González y I. March (eds.), *Capital natural de México, Segundo Estudio de País*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), 185-245 pp.

Castellanos, J.Z., A. Ortega-Guerrero, O.A. Grajeda, *et al*., 2002. “Changes in the quality of groundwater for agricultural use in Guanajuato”, *Terra* **20**: 161-170.

CEAG (Comisión Estatal de Aguas de Guanajuato). 2001. *Actualización de los balances de los estudios hidrológicos y modelos matemáticos de los acuíferos del Estado de Guanajuato*. México.

Cotler, H., M. Mazari Hiriart y J. de Anda (eds.). 2006. *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta*. Instituto Nacional de Ecología (INE)/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Díaz Pardo, E. y R. Pineda L. 2006. “Ictiofauna”, en H. Cotler, M. Mazari y J. de Anda (eds.). *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala, construyendo una visión conjunta*. INE/UNAM, México.

Hoogesteger van Dijk, J. 2004. *The underground. Undestanding the failure of institucional responses to reduce groundwater exploitation in Guanajuato*. Tesis, Países Bajos, Wageninen University, 108 pp.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2002. *XII Censo General de Población y Vivienda*.

Loeb, S.L. 1994. “An ecological context for biological monitoring”, en S.L. Loeb y A. Spacie (eds.). *Biological monitoring of aquatic systems*. Lewis Boca Raton, pp. 3-7.

López-López, E. y E. Díaz-Pardo. 1991. “Changes in fish distribution in the rio Laja (Lerma basin) due to environmental disturbance”. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **35**: 91-116.

Ruiz-López, A. 2002. *Actualización del estudio de clasificación del río Turbio*, Informe final. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Sánchez, R.M. 2007. “Entarquinamiento en cajas de agua”, en M. Sánchez R. y H.H. Eling Jr. (coords.). *Cartografía Hidráulica de Guanajuato*. México, El Colegio de Michoacán/Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, pp. 91-105.

Sedeño-Diaz, J.E. y E. López López. 2007. "Water quality in the rio Lerma, Mexico: an overview of the last quarter of the twentieth century", *Water Resources Management* 21: 1797-1812.

Zarco, A.E., A. Lima, Y. López, M. Mazari *et al.* 2006. "Calidad microbiológica del agua", en H. Cotler, M. Mazari y J. de Anda. 2006. *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala, construyendo una visión conjunta*. México, INE/UNAM, pp. 131-138.



RESUMEN

María Zorrilla Ramos

Este capítulo tiene como objetivo presentar el pasado y la actualidad de la entidad con relación a la población, la ocupación y el uso del territorio y los recursos naturales. El estado de Guanajuato está dividido político-administrativamente en cuatro regiones: noreste, noroeste, centro y sur, divididas a su vez en subregiones, cada una con características sociales y ambientales particulares.

La relación entre sociedad, economía y medio ambiente ha sido ampliamente estudiada en el contexto nacional, sin embargo, este tema es una tarea pendiente para los investigadores del estado de Guanajuato.

Dos aspectos históricos profundamente relacionados han influido en la conformación y el uso del territorio estatal, por una parte la eliminación casi por completo de la diversidad étnica del estado, proceso que se dio principalmente durante la colonia y que tiene como resultado que Guanajuato sea hoy la entidad con menor porcentaje de población indígena a nivel nacional; y por otra parte, el uso intensivo de sus recursos naturales en aras de satisfacer las necesidades de sectores productivos pujantes como lo han sido la minería, las actividades agropecuarias y la industria.

Con respecto a los principales aspectos demográficos y económicos al 2010, destaca que siete municipios concentran el 58% de la población estatal: León, Irapuato, Celaya, Salamanca, Silao, Guanajuato y San Miguel de Allende, los primeros cinco ubicados en la región centro del estado, mientras que los últimos dos en la región noroeste.

En cuanto a las condiciones económicas del estado se destaca el papel fundamental que la industria manufacturera ha jugado tanto en la economía estatal, como en el contexto regional y nacional. Por ejemplo, en 2008 Guanajuato fue la séptima economía estatal con una aportación del 4% del PIB nacional. Sin embargo, y ante la información compilada a lo largo de este estudio, principalmente en el capítulo sobre amenazas a la biodiversidad, cabe cuestionar la viabilidad del modelo de desarrollo actual, con el consecuente deterioro de bienes y servicios ambientales fundamentales para el bienestar humano.

En el estado se presentan profundas contradicciones y desigualdades entre su población, que se expresan en las diferencias entre localidades en el nivel de marginación y los indicadores de rezago de educación y salud. De las cuatro regiones del estado, la región centro presenta los mejores indicadores sociales y económicos, mientras que la región noreste donde se ubica la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato presenta los indicadores más bajos en términos de marginación y acceso a servicios. Por otro lado, las regiones noroeste y sur son más heterogéneas, presentando, en ambos casos, municipios con valores altos en los indicadores de desarrollo como el caso de Moroleón (región sur) o Guanajuato (región noroeste) y municipios con valo-

Patos (fotografía de J. Gerardo León Barroso).

res bajos como el caso de Jerécuaro y Pueblo Nuevo en la región sur, y San Felipe; y San Diego de la Unión en la región noroeste.

Se analizan también algunos procesos de especial relevancia en el estado, como es la migración, la cual no sólo modifica la estructura demográfica, sino las relaciones sociales, la cultura y los patrones de uso de los recursos naturales. Otro proceso relevante es el de la urbanización, en 2010, trece localidades concentraban aproximadamente el 50% de la población estatal, en contraste con el 30% de la población que habitaba en más de ocho mil localidades menores de 2 500 habitantes. El patrón de concentración-dispersión de la población sin duda constituye un reto, tanto para la dotación de servicios básicos a localidades urbanas y rurales, como para el uso sustentable de los recursos naturales, principalmente alrededor de los núcleos urbanos.

Finalmente, es necesario resaltar que conocer los procesos históricos de una sociedad, así como sus características actuales, son factores fundamentales para identificar necesidades y escenarios en el corto, mediano y largo plazo que permitan lograr un desarrollo regional equitativo y sustentable.

EL DETERIORO AMBIENTAL DURANTE LA FASE INICIAL DE POBLAMIENTO

Ricardo Almanza Carrillo | Laura E. Juárez

Introducción

Como se observó en el primer capítulo de esta obra, el estado de Guanajuato presenta regiones montañosas que comprenden sierras, mesetas y lomeríos, además de valles y llanuras; dentro de este mosaico se encuentra el Bajío guanajuatense, que se caracteriza por sus suelos fértiles y profundos, aptos para la producción de alimentos, condiciones que fueron fundamentales para la llegada de los primeros grupos de pobladores a la región y que han marcado tanto las pautas del poblamiento, como las del uso de su territorio.



Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz.

Almanza, R. y L.E. Juárez. 2012. "El deterioro ambiental durante la fase inicial de poblamiento" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 91-94.

Primera etapa de poblamiento

El actual estado de Guanajuato formó parte de la frontera entre lo que los historiadores han denominado Mesoamérica y Aridoamérica. Específicamente, se ha identificado al Bajío como el núcleo de una zona intermedia entre grupos sedentarios y nómadas y seminómadas (Jiménez-Moreno, 1958), provenientes de Aridoamérica que no desarrollaron sociedades-estado, mientras que la influencia de Mesoamérica tenía que ver con el establecimiento de culturas sedentarias que, después de desarrollar la agricultura, edificaron centros ceremoniales como núcleos de poder político, social y religiosos (Powell, 1985).

Aunque no se ha determinado con precisión cuándo inició el fenómeno de poblamiento en esta región, los datos más remotos parecen ubicar a los primeros pobladores en etapas próximas a los 35 000 años, según los hallazgos hechos en El Cedral, en el estado de San Luis Potosí. Por la cercanía que este estado tiene con el de Guanajuato, se puede suponer que el fenómeno podría haberse presentado casi por el mismo tiempo en ambos, ya que también este último podría haber sido partícipe de las grandes migraciones que poblaron el continente (Brown, 1988). De acuerdo con otros estudios, el proceso de poblamiento se pudo haber dado, ya sea por el sur y proveniente del Pacífico o sin una dirección determinada, pero ligada a los pueblos otomíes (Tranfo, 1980). De este modo, se sabe que Guanajuato estuvo habitado, por una parte, por lo que Phipil W. Powell (1985) denominó "Las Naciones del norte", constituidas principalmente por cascanes, zacatecos, tecuexes, guachichiles y guamares –y que, posteriormente, los españoles agruparon bajo la denominación de "Chichimecas"–, mientras que su territorio fue bautizado como la Gran Chichimeca o País Chichimeca. En esta región también habitaron dos grupos sedentarios pertenecientes a la tradición mesoamericana: los tarascos y los otopames (otomíes, mazahuas y matlatzincas).

Los grupos nómadas se caracterizaron por tratar de conservar los recursos disponibles y tenían la costumbre de moverse hacia otras zonas cuando estos disminuían, por lo que no se agotaban los recursos naturales. En contraste, los grupos agrícolas explotaron el territorio en forma intensiva, aunque no precisamente exhaustiva; como lo atestigua la existencia de los centros urbanos, de los que ahora se pueden ver los vestigios en los sitios arqueológicos de Cañada de la Virgen (municipio de San Miguel de Allende); Chupícuaro (municipio de Acámbaro); Peralta (municipio de Abasolo); Plazuelas (municipio de Pénjamo); El Cóporo (municipio de Ocampo); el Cerro del Sombrero (en el municipio de Guanajuato), entre otros (Nieto, 1988; Castañeda *et al.*, 2007).

A pesar de las diferencias que existían entre los grupos nómadas, la relación que establecieron con su entorno natural se caracterizó por desarrollar actividades de subsistencia como la caza y la recolección. Fray Guillermo de Santa María escribió en 1577 que, entre su comida, contaban "frutas y raíces silvestres, tunas, mezquites, yuca, camotes, dátiles, y cuando hay caza comen asada al fuego la carne de venados, conejos y toda clase de animales o aves silvestres o de pescado, cuando pueden tenerlo. Sacan los pescados flechándolos o cogiéndoles en canales o chorreras, o a zambullidas" (Carrillo-Cázares, 2003). Otra aportación importante de las culturas seminómadas y nómadas fue el horno subterráneo, el cual era utilizado para la cocción de los alimentos.

En cuanto a los instrumentos de trabajo, ya sea para cacería u otras actividades, utilizaban obsidiana y riolita. Al respecto, Cárdenas-García (1999) realizó un estudio sobre los recursos minerales en las principales sierras del estado, donde ubica yacimientos tanto de obsidiana, como de riolita y otros minerales, afirmando que, ya desde esta época, la región fue un importante centro exportador de material lítico y de minerales que abastecía a Mesoamérica.

En un momento dado del primer milenio de la era cristiana, los centros urbanos de la zona fueron abandonados, lo que permitió el establecimiento de los grupos bárbaros provenientes del norte, que estaban formados por las etnias chichimecas, nómadas, cazadores recolectores, que tenían otros requerimientos para poder sobrevivir y estaban adaptados para resistir las condiciones adversas de los territorios semide-

sérticos. Jiménez-Moreno (1978) planteó como la causa de la retirada de los grupos agrícolas un posible cambio de las condiciones climáticas al aumentar las sequías y las temperaturas, alrededor del año 650 d.C. De manera similar, Blanco y colaboradores (2000) explicaron el abandono de los grupos sedentarios de la región guanajuatense alrededor del año 1 000 d.C. Probablemente, los cambios en las condiciones ambientales provocaron una reducción de las poblaciones de las especies de animales en la zona afectada. Este hecho forzó a los grupos sedentarios de cazadores a emigrar hacia el sur, donde les esperaban condiciones más favorables para el desarrollo de la vida urbana, por contar con más agua y recursos naturales. Al mejorar las condiciones climáticas con el tiempo, diferentes grupos urbanos lucharon por recuperar su antiguo territorio que había quedado en manos de los chichimecas.

El deterioro ambiental en épocas posteriores

Si bien la siguiente contribución habla en mayor detalle sobre los procesos posteriores de poblamiento, es importante anotar que, al terminar la conquista y después de que los españoles terminaran con el reparto de las tierras fértiles de la Nueva España, éstos emprendieron la colonización de los territorios del norte, entre los que se encontraba el territorio guanajuatense, entonces conocido como Las Chichimecas. Este proceso incluyó el reparto de tierras para estancias de ganado, con lo que se favoreció la introducción de las especies de animales domésticos exóticos, provenientes del viejo mundo. El desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas aumentó aún más el impacto sobre las condiciones de vida de las especies de flora y fauna nativa. Sumado a esto, la localización de yacimientos de metales preciosos (que tenían valor de intercambio y representaban las riquezas que necesitaba la Corona española para salir de problemas) inició la fundación de presidios, villas, pueblos y congregaciones de indios. Los centros mineros, altamente demandantes de recursos naturales e insumos, dieron curso a todos los productos agropecuarios sin salida. Con ello, se reanimó la economía y se intensificó la producción agrícola y ganadera de especies útiles, en particular de caballos, mulas y burros como fuerza de tracción y transporte, y de ganado de tallas grandes para proveer las actividades de minería con cueros y alimento.

Como consecuencia de la extracción minera, aumentó la explotación de los bosques para producir la madera y la leña suficientes para extraer el metal. Se usaba un método que consistía en calentar con fuego una roca y luego enfriarla con agua; al cambiar la temperatura abruptamente, la roca se resquebrajaba y se reducía hasta obtener el mineral. Como consecuencia de esta forma de extracción, se deforestaron grandes zonas y se perdió parte de la riqueza ecológica. Conjuntamente, los asentamientos mineros en su proceso de extracción incluyeron técnicas altamente contaminantes: primero las sales de azogue, que contenían mercurio y, posteriormente, otros compuestos con cianuro. De esa forma, los sitios mineros se empobrecieron por el saqueo de sus recursos no renovables, mientras que los pueblos agrícolas se fortalecieron por la actividad comercial de recursos renovables. Finalmente, el paisaje se transformó irreversiblemente.

La idea hispana de que la naturaleza se recupera sola y es infinita sustituyó a la idea autóctona de conservar el medio natural para sobrevivir, con lo cual se justificó uno de los primeros desastres ecológicos en la entidad. Aunque en siglos posteriores se introdujeron otras tecnologías que requirieron de otra clase de combustibles e insumos, el daño que desde el siglo XVI se provocó al medio ambiente fue irreparable e irreversible. El efecto se recrudeció durante los siglos XVII y XVIII. Luego de la guerra de Independencia, en el siglo XIX, con la llegada de los capitales ingleses, llegó también la tecnología de vapor, y con los estadounidenses, la energía eléctrica.

El paisaje se fue transformando con cada nueva actividad y se dejaron cada vez menos espacios para la vida silvestre en todo el territorio estatal, una tendencia hacia la destrucción y el agotamiento del medio ambiente que ahora debe frenarse.

Literatura citada

Blanco, M., A. Parra y E. Ruiz. 2000. *Breve historia de Guanajuato*, México, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Brown, R.B., 1988. "Arqueología del Bajío y áreas vecinas", en J.L. Lara (coord.), *Guanajuato: historiografía*. México, Colegio del Bajío.

Cárdenas-García, E. 1999. *El Bajío en el Clásico. Análisis regional y organización política*. Michoacán, El Colegio de Michoacán, A.C.

Carrillo-Cázares A. 2003 *Guerra de los Chichimecas, de fray Guillermo de Santa María (1575)*, edición crítica por A. Carrillo Cázares, 2ª ed. aumentada, El Colegio de Michoacán/Universidad de Guadalajara/El Colegio de San Luis.

Castañeda López, C. *et al.* 2007. *Zonas arqueológicas en Guanajuato Cuatro casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cóporo*. México, Fideicomiso de Administración e Inversión para la Realización de las Actividades de Rescate y Conservación de Sitios Arqueológicos en el estado de Guanajuato, Instituto Estatal de Cultura.

Jiménez-Moreno, W. 1958. *Estudios de historia colonial*. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

———. 1978. "La Colonización y Evangelización de Guanajuato en el siglo XVI", en *Boletín de la Dirección de Investigaciones Históricas*, Año 1 (1), Gobierno del Estado de Guanajuato, México.

Nieto, L.F. 1988. "Arqueología del centro-este de Guanajuato", en *Arqueología e Historia Guanajuatense*, homenaje a Wigberto Jiménez Moreno, Colegio del Bajío, México.

Powell, P.W. 1985. *La Guerra Chichimeca (1550-1600)*. México, FCE.

Tranfo, L. 1980. *Vida y magia en un pueblo otomí del Mezquital*. México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta)/Instituto Nacional Indigenista.

PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA CONFORMACIÓN Y EL USO DEL TERRITORIO: SIGLOS XVI AL XIX

LAURA E. JUÁREZ

Introducción

El estado de Guanajuato ha sido un territorio históricamente aprovechado para actividades mineras, industriales y agropecuarias y, por lo tanto, la mayor parte de los recursos naturales con los que cuenta han sido transformados e impactados por las actividades humanas. La conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica representan una nueva visión de los recursos. El propósito de la presente contribución es describir de manera breve el proceso de poblamiento del estado, así como las diferentes formas de relación que sus pobladores establecieron con su entorno natural en un periodo que abarca del siglo XVI al XIX.



El hábitat (fotografía de José Luis Telles Oros, 2º lugar en el concurso de fotografía "Cuidemos nuestros humedales").

Juárez, L.E. 2012. "Perspectiva histórica de la conformación y el uso del territorio: siglos XVI al XIX" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 95-99.

Segunda etapa de poblamiento: siglo XVI

Con la caída de Tenochtitlan, en 1521, se inició un largo periodo de enfrentamientos con los diversos grupos indígenas asentados en Mesoamérica y también con los ubicados en territorios más allá de sus fronteras (Powell, 1985; Blanco *et al*., 2000).

Las primeras incursiones en la región las hicieron los evangelizadores (franciscanos y agustinos de la provincia de Michoacán). La conquista militar estuvo al mando de Nuño de Guzmán, mientras que comerciantes y empresarios establecieron las primeras estancias ganaderas a través de mercedes reales de tierras.

A diferencia de la estructura de las sociedades-Estado, los grupos nómadas estaban acostumbrados a cambiar su lugar de residencia conforme a las estaciones del año para trasladarse a territorios donde podían cazar y recolectar alimento. En este contexto, la resistencia a la colonización fue muy violenta y la historia de la conquista, en lo que actualmente es el estado de Guanajuato, se distingue por una constante política de pacificación del territorio. Dentro de esta historia, un capítulo importante fue lo que historiadores han denominado la Guerra Chichimeca o Guerra del Mixtón, acontecida a mediados del siglo XVI (Carrillo-Cázares, 2003). Se trata de un periodo caracterizado por el exterminio de los grupos nómadas, así como por el éxodo de los sobrevivientes hacia tierras más al norte de Aridoamérica.

La minería: detonador económico

El descubrimiento de yacimientos de plata en Zacatecas y poco después en Guanajuato, a mediados del siglo XVI (Jiménez-Moreno, 1958), detonó un proceso de desarrollo económico en la región caracterizado por los siguientes aspectos:

1. Apertura de caminos, tanto para acceder a las minas como para transportar la plata a la Ciudad de México y, más tarde, como rutas comerciales.
2. Impulso al comercio.
3. Incremento de la producción ganadera.
4. Fundación de estancias agrícolas.
5. Desarrollo exponencial de la actividad agropecuaria.
6. Desarrollo de la producción textil.
7. Generación y diversificación de empleo.

En lo que respecta al comercio, fueron los indígenas y mestizos del centro quienes desempeñaron esta actividad. La minería también impulsó otras actividades productivas que imprimieron un sello particular a la región. El desarrollo de las poblaciones y la conformación del territorio estuvieron regidos por la creciente demanda de ganado para el mantenimiento de las minas (tracción de animales y como fuente de alimentación) tanto del norte como las locales, así como para abastecer las demandas del centro del virreinato (Powell, 1985).

Paralelamente al auge minero y ganadero, la demanda de granos dio pauta para que estancias agrícolas proliferaran por toda la región (las características de los suelos de las planicies ubicadas en lo que actualmente se conoce como el Bajío impulsaron el desarrollo agrícola de la región). A la peculiar dinámica económica de la región se le sumó un patrón demográfico también diferenciado del resto de Mesoamérica. La población indígena, a quien se le otorgó tierras, prefirió venderlas o abandonarlas para prestar su servicio a cambio de un salario en las minas y estancias de ganado, donde se registran los sueldos más altos de la colonia. Además, era una población que podía combinar su actividad productiva; en tiempos de seca, por ejemplo, se dedicaba al campo y ya crecida la milpa en el periodo de lluvias, trabajaba en las minas o haciendas. Otra parte de la población nómada y seminómada fue expulsada de la región, desde donde siguió luchando contra la colonia, pero en otros territorios más hacia el norte.

El incremento de actividades productivas en la región dio como resultado la proliferación de más caminos, ya no sólo hacia las minas, sino hacia los numerosos poblados recién fundados, así como a las estancias (Blanco *et al*., 2000).

En términos de población, la pacificación de las naciones nómadas y seminómadas que ocupaban las vastas regiones del norte de la Nueva España constituyó uno de los más difíciles procesos sociales de la historia de México durante la segunda mitad del siglo XVI, extendiéndose casi hasta finales del siglo XVIII (Powell, 1985).

En resumen, a finales del siglo XVI, las diversas políticas virreinales culminaron con el sometimiento de los diversos grupos de chichimecas, ya fuera a través del exterminio, de la esclavitud o por medio de la reducción de la población indígena por medio de las congregaciones religiosas.

Proceso de conformación de una nueva población: siglos XVII y XVIII

El siglo XVII en Guanajuato, estuvo caracterizado por fuertes tendencias hacia el desarrollo minero, ganadero, agrícola y textil. Por ejemplo, la producción agrícola del Bajío se incrementó de manera importante, lo cual se vio reflejado en el hecho de convertir algunos poblados de esta región en ciudades y también en la desaparición de los pobladores indígenas (Blanco *et al*., 2000). Desaparecidos los pobladores originarios y disminuida la población indígena exportada a la región (a causa de las epidemias), se gestaría la nueva población del estado de Guanajuato, determinada por las actividades productivas y por el tipo de tenencia de la tierra.

Si bien para el siglo XVII la mayor parte del suelo guanajuatense estaba repartido por mercedes reales y encomiendas (estas últimas en menor medida debido a la ausencia de población indígena en la región), el desarrollo de estas instituciones coloniales tomó un rumbo diferente al que caracterizó el centro de la Nueva España.

El tipo de propiedad que se desarrolló sobre la tierra guanajuatense fue de tres tipos (Castro-Rivas y Rangel-López, 1998):

1. Tierras comunales. La Corona otorgaba tierras a los poblados indígenas, pero en el caso de Guanajuato casi no existieron porque los indígenas las habían perdido o abandonado.

2. El Rancho. Pequeña o mediana propiedad muy numerosa en Guanajuato. Para 1810 había 416 ranchos en las Intendencias de Guanajuato.

3. La Hacienda. Su historia se remonta a finales del siglo XVI y principios del XVII, cuando los virreyes repartieron el territorio en sitios para estancias de ganado mayor y menor a través de mercedes reales.

Sin embargo, como se apuntó, cada una de ellas tuvo un desarrollo peculiar y diferenciado al resto del virreinato. Las tierras comunales en Guanajuato fueron pocas en comparación a las estancias (haciendas) y ranchos (Blanco *et al.*, 2000). En contraste, para 1649 había en la jurisdicción de León alrededor de 50 haciendas, labores y hatos (Gerhard, 1986), pero, para finales del siglo XVII, éstas ya habían sido heredadas, lo que provocó la fragmentación de dicho tipo de propiedad (para entonces ya conocida como hacienda; unidades autónomas de producción agropecuaria). Estos fragmentos fueron alquilados a personas llamadas rancheros y constituyeron unidades de producción dependientes. Principalmente, este tipo de propiedad (como unidades de pequeña propiedad), fue la que le imprimió un sello particular a la región, diferenciándola del resto del virreinato, donde había mayor población indígena y la propiedad comunal era más frecuente.

En cuanto al desarrollo territorial, éste no sólo se llevó a cabo gracias a las demandas de mano de obra para la actividad productiva local: minería, ganadería y agricultura, sino también para abastecer los centros mineros más norteños y a las poblaciones del centro.

Guanajuato en el siglo XVIII

Si bien el siglo XVII fue una etapa de tendencias de desarrollo económico, el siglo XVIII se puede definir como el periodo de consolidación tanto de dichas tendencias como de los procesos de poblamiento.

Para fines de la presente contribución, es importante enfatizar la conformación de la nueva población guanajuatense. El incremento del número de españoles, criollos y la diversa procedencia de los indígenas para colonizar, dio como resultado un proceso de mestizaje singular que también imprimió otro sello particular al estado de Guanajuato ya que “favoreció las uniones interétnicas y la pérdida de costumbres y tradiciones. Los combinados rasgos culturales sin duda permearon lo que fue la vida cotidiana en la región de Guanajuato” (Blanco, Parra, *et al.*, 2000). Paralelamente al auge económico y al incremento demográfico, Guanajuato compartió con el resto de la Nueva España dos panoramas desalentadores:

Las grandes desigualdades sociales

La mayoría de la población carecía de tierras, por lo que se veían obligados a trabajar en los ranchos y haciendas de los criollos y españoles. Esta población era principalmente mestiza, una minoría indígena con una fuerza política y económica insignificante y sin tierras comunales. Hacia finales del siglo, se contaban únicamente 52 pueblos indígenas en la intendencia de Guanajuato, situación que generó el surgimiento del latifundio, es decir, la concentración de tierra en pocas manos.

Los procesos de modificación y degradación del paisaje natural

En la contribución anterior se han mencionado algunos puntos sobre el deterioro ambiental; además de la minería, hubo otras actividades, por ejemplo: los obrajes que se establecieron principalmente en el Bajío para el desarrollo de la industria textil obtenían su materia prima de las ovejas de la región, las cuales no sólo pastaban en las planicies, sino también en las zonas serranas, donde por lo regular se encontraban grandes extensiones de bosques. El impacto que este tipo de ganado imprimió en las sierras se ve expresado en una disposición real firmada en 1706 para evitar la deforestación (véase apéndice I).

La organización productiva y social de Guanajuato originó una interdependencia urbana, industrial, minera, agrícola y ganadera muy singular. Por otra parte, también generó una relación estrecha entre la sierra y los valles, las primeras como abastecedoras de materias primas (principalmente madera). También se registró el desarrollo de empresas relativamente independientes, circunstancia que trajo como consecuencia que el desarrollo económico de la zona formara una aristocracia provinciana básicamente integrada por criollos. Guanajuato fue una de las intendencias donde se desarrollaron grandes centros urbanos de primero, segundo y tercer nivel (Blanco, *et al.*, 2000). Resultado de todo lo expuesto anteriormente, de representar un modelo económico de alta productividad, Guanajuato pasó a ser una de las regiones con mayores conflictos sociales, a tal grado que se convertiría en la cuna del movimiento independentista de 1810.

Los nuevos pobladores de Guanajuato: siglo XIX

A principios del siglo XIX se combinaron varios elementos: primero, las Reformas Borbónicas, que constituyen uno de los antecedentes causales de la guerra de independencia, ya que sus objetivos afectaron a las tres actividades sobre las que giraba el esplendor de Guanajuato; además, uno de sus objetivos era aumentar el control sobre las colonias y generar los mecanismos necesarios para obtener mayor riqueza de éstas, que si bien no afectaron de manera directa a la minería, trajeron nuevas imposiciones fiscales, lo que desató una serie de protestas y motines. Por otra parte, el impacto de las crisis del siglo XVIII fue gestando una profunda crisis regional que detonó el movimiento independentista, en el cual no se abundará en esta contribución, sin embargo, al finalizar la guerra de Independencia, Guanajuato presentaba un escenario que se puede resumir en que, además del descenso de la población, hubo una marcada decadencia económica, destrucción de caminos, escasez de materia prima, disminución de ranchos y haciendas, entre otras (Castro-Rivas y Rangel-López, 1998). Guanajuato pasó de ser el primer productor minero y agrícola de la colonia, a ser la región más devastada. La devastación dejó sin infraestructura a la entidad y la compleja red económica y social del Bajío no sólo entró en crisis, sino que se paralizó.

Avanzado el siglo XIX, la población volvió a incrementarse y las fuentes de recursos económicos en el estado continuaron siendo principalmente la minería y la agricultura. En este siglo, la producción de cereales y caña de azúcar repuntó, y en la agricultura los principales productos fueron leguminosas, raíces, solanáceas y oleaginosas, ixtle, gama de mezquite, aguardiente, vino de uva, plantas curtientes, mijo, jícama, acelga, ajo, betabel y frutos (aguacate, capulín, mango, melón, manzana, membrillo, pera, sandía, tuna, alcachofa, calabaza y chayote) (Castro-Rivas y Rangel-López, 1998).

La creciente población guanajuatense requería de combustible para sus molinos, la cual

obtenían del carbón, lo que sumado a tres siglos de aprovechamiento forestal para las minas y obrajes textiles, dio como resultado el incremento de la tasa de pérdida de cobertura vegetal.

Conclusiones

Como se observa, Guanajuato llega al siglo XX con un paisaje totalmente transformado por las actividades económicas y las luchas sociales. Si bien ha sido ampliamente documentado el efecto devastador de la minería, no sólo para las sierras, sino también en lo referente a los depósitos de jales, pero también en la transformación de sus ríos, los azolves, hay mucho aún por estudiar, por ejemplo, cómo las actividades agrícolas y ganaderas también han transformado el medio ambiente. A partir del siglo XX, a las actividades mineras, agrícolas y ganaderas, se les sumó el auge del corredor industrial del Bajío, que si bien ha sido un importante impulsor de la economía en la región, sin duda ha complicado el entorno ambiental, tanto con las descargas residuales, como con emisiones a la atmósfera que han complicado la situación ambiental del estado.

Literatura citada

Blanco, M., A. Parra y E. Ruiz Medrano. 2000. *Breve historia de Guanajuato*. México, Fondo de Cultura Económica (FCE)/Fideicomiso Historia de las Américas/El Colegio de México.

Carrillo-Cázares A. 2003 *Guerra de los Chichimecas, de fray Guillermo de Santa María (1575)*, edición crítica por A. Carrillo Cázares, 2ª ed. aumentada, El Colegio de Michoacán/Universidad de Guadalajara/El Colegio de San Luis.

Castro-Rivas, J.A. y M. Rangel-López. 1998. *Relación histórica de la Intendencia de Guanajuato durante el periodo de 1787 a 1809*, Guanajuato.

Gerhard, P. 1986. *Geografía histórica de la Nueva España 1519-1821*. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Instituto de Investigaciones Históricas/Instituto de Geografía.

Jiménez Moreno, W. 1958. *Estudios de historia colonial*. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Powell, P.W. 1985. *La Guerra Chichimeca (1550-1600)*. México, FCE.

LA IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD EN EL PAISAJE CULTURAL

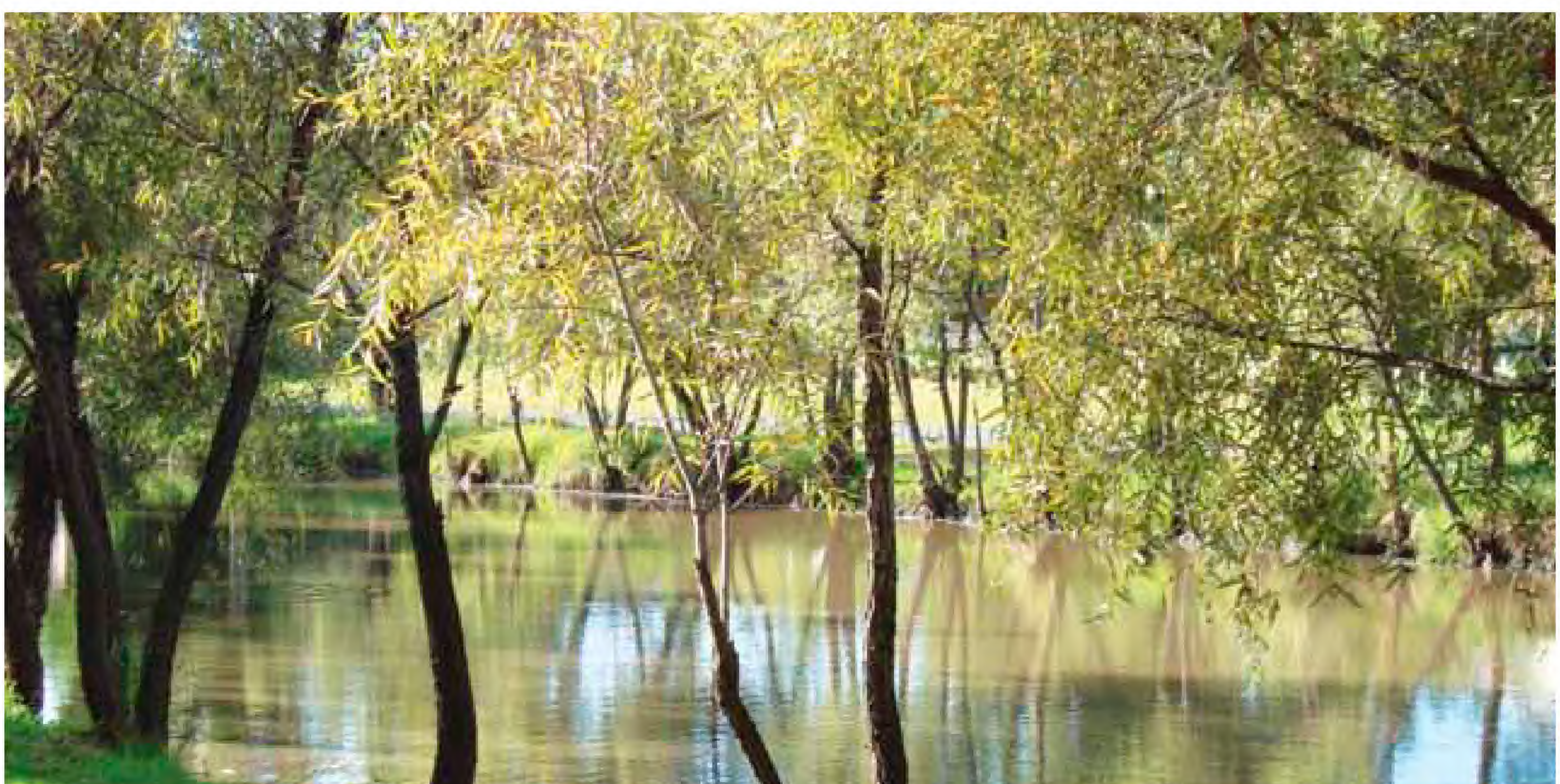
Desirée Martínez Uriarte | Claudia A. Suárez Carrasco

El paisaje constituye una percepción sensorial de nuestro entorno. Generalmente, lo entendemos como nuestro entorno visual, sin embargo, también las percepciones olfativas, auditivas, gustativas y táctiles conforman el complejo total del paisaje.

Aunque en un principio se diferenciaba claramente entre el paisaje natural y los bienes culturales, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (Icomos, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) establecieron un nuevo concepto en 1992, que fue aceptado en 170 países, a pesar de algunas controversias. Al integrar los dos elementos antes mencionados –paisaje natural y bienes culturales–, nace el concepto de *paisaje cultural*, que se define como "el trabajo combinado de la naturaleza y el hombre, que ilustra la evolución de la sociedad humana y de los asentamientos a lo largo del tiempo" (UNESCO, 2005). Esta interacción entre el hombre y su entorno natural se puede manifestar en diferentes formas, por lo que se han establecido las siguientes categorías (UNESCO, 2005):

1. El paisaje claramente definido, concebido y creado intencionalmente por el ser humano, como los parques y jardines.

2. El paisaje evolutivo, resultado de una exigencia en origen social, económica, administrativa y religiosa y que ha alcanzado su forma actual por asociación y es respuesta a su entorno natural. Se subdividen, a su vez, en dos: *a*. Paisajes fósiles, en los que el proceso evolutivo cesó en algún momento pasado, de forma abrupta o a lo largo de un periodo de tiempo; sin embargo, sus características particulares aún se distinguen, por ejemplo, en las zonas



Un rincón para conservar (fotografía de Denisse Guadalupe Andrade Tapia, Concurso de fotografía "La Biodiversidad de Guanajuato: Capturando su grandeza").

Martínez, D. y C.A. Suárez. 2012. "La importancia de la biodiversidad en el paisaje cultural" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 100-104.

arqueológicas. *b.* Paisajes vivos, son los que mantienen su importancia en la sociedad contemporánea, asociados a los usos y costumbres tradicionales y que siguen evolucionando, además de dejar evidencia material de su desarrollo en el tiempo.

3. El paisaje cultural asociativo, ligado a las tradiciones religiosas, ideológicas o simbólicas, como lo pueden ser las rutas de peregrinación.

El entorno natural se convierte en un paisaje cultural cuando existe un observador que lo interpreta. En este caso, la intervención humana no tiene que ser necesariamente activa, ya que en el momento que se interpreta el entorno, el paisaje se integra a nuestra cultura y nos influye de alguna forma, lo que representa la posibilidad de interacción, y es precisamente esta interacción entre el entorno y el ser humano lo que se define como paisaje cultural.

La biodiversidad que presenta Guanajuato, aunada a las formas y tradiciones de uso de suelo, producción y comercio que desarrollaron las sociedades humanas moradoras de los ecosistemas, al igual que sus estrategias para adecuarse a las condiciones naturales prevalecientes –en cuanto a la construcción de vivienda, emplazamiento y desarrollo de las poblaciones, así como las rutas y formas de transporte– han definido la variedad de paisajes culturales en el estado.

Los recursos naturales del estado han sustentado actividades humanas como la minería del cinabrio en la Sierra Gorda, la explotación del piñón, el uso de la madera de encino, el conocimiento de las hierbas medicinales y la agricultura en las extensas planicies que sustituyeron extensos mezquitales y matorrales xerófilos. De esa manera, el ser humano y la vegetación han tenido, desde tiempos prehispánicos, una relación directa y cotidiana. El ser humano ha incluido a lo largo de la historia diversas especies de la flora y fauna nativas en su horizonte cultural para satisfacer sus necesidades, además, ha introducido otras que han llevado a transformaciones sustanciales del medio. Sólo podemos vislumbrar el verdadero significado de la biodiversidad si relacionamos su utilidad potencial a nuestras necesidades futuras (figuras 1 y 2).

De forma específica, árboles como el cazahuate (*Ipomoea murucoides*) y el mezquite (*Prosopis laevigata*), así como herbáceas, por ejemplo, el

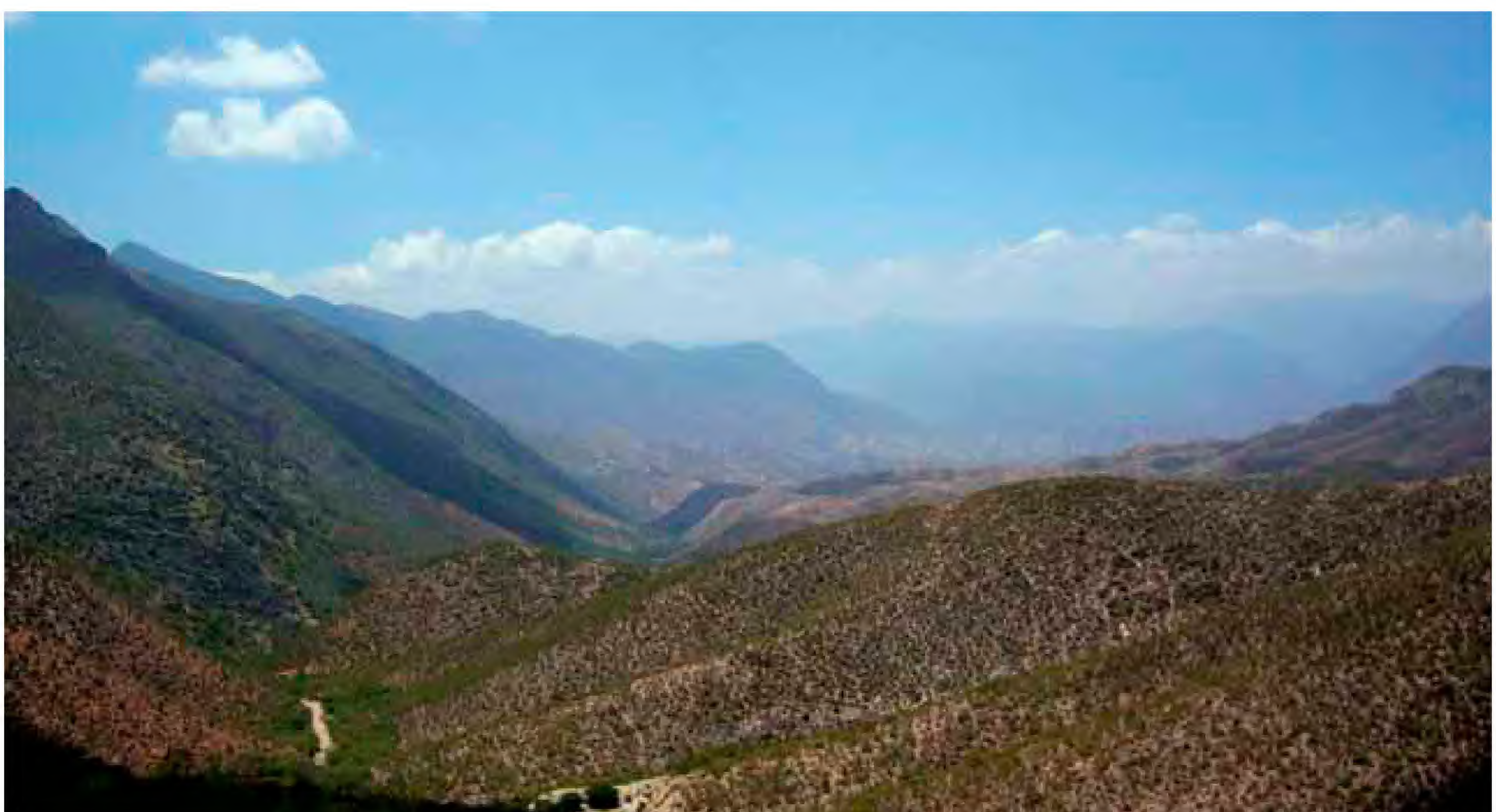


Figura 1. Paisaje sin presencia humana en la Sierra Gorda (fotografía Desirée Martínez).



Figura 2. Intervención humana en el paisaje, se pueden observar líneas de tendido eléctrico y brechas (fotografía de Desirée Martínez).

chilcuague (*Heliopsis longipes*), han formado parte importante de la vida de la población en Guanajuato. El cazahuate fue considerado por el hombre prehispánico como árbol sagrado, debido a su floración durante la época de secas y al ser uno de los árboles más representativos de esta entidad. Su madera se utiliza localmente como leña. Además, se utiliza en la medicina tradicional por sus propiedades diuréticas y antiinflamatorias, y también es útil para enfermedades de la piel y como antiséptico.

El mezquite (*P. laevigata*), fue parte fundamental de la alimentación del hombre a lo largo de varios milenios, sólo superado en importancia por el agave. Se utiliza también como alimento para el ganado; de su corteza se extraen curtientes; tiene usos medicinales y la madera es sumamente dura y es utilizada para duela, como madera aserrada y para mangos de herramientas; se utiliza también como leña y para obtener carbón de excelente calidad, debido a su alto poder calorífico.

Por otra parte, el chilcuague (*H. longipes*), actualmente en peligro de extinción, tiene una amplia tradición en la herbolaria indígena y es apreciado por sus diversas propiedades curativas, como anestésico, desparasitante e, incluso, como antimicótico; es utilizado también como condimento en la cocina y como poderoso insecticida.

Estos ejemplos nos muestran algunos de los usos que el hombre ha dado a las plantas para adaptarse a su medio. A través de distintos procesos, son utilizadas en la construcción, para tratar enfermedades, como alimento o para generar energía. Esta diversidad de usos nos indica un profundo interés y conocimiento de la naturaleza, además de una interacción y experimentación constantes del hombre con el medio que le rodea.

En contraste, una de las vertientes menos exploradas de la vegetación nativa es su potencial ornamental. Aunque las sociedades indígenas daban un valor ritual a las especies útiles y ornamentales durante las prácticas de jardinería, la etapa colonial introdujo una buena cantidad de plantas ornamentales exóticas que las sustituyeron. A la fecha, una gran cantidad de las especies ornamentales, que son producidas en los viveros de nuestro país, son exóticas y proceden de Europa, Asia o África, por lo general. Salvo conta-

das excepciones, las especies nativas no se reproducen en viveros, a pesar de que muchas son de gran belleza por su floración, su follaje, su corteza, su aroma y textura. Por otro lado, su hábitat natural está decreciendo continuamente por cambios en el uso del suelo, esto es, por aumento de las zonas agrícolas y por urbanización, entre otros impactos. Todo esto conlleva a una paulatina pérdida de nuestro patrimonio de biodiversidad y a un deterioro del paisaje cultural. El conocimiento etnobotánico y las tradiciones ligadas a él, como la herbolaria, la cestería y otro tipo de artesanías, la cocina tradicional y otras actividades, se van borrando de la vida de la comunidad. La pérdida de la biodiversidad también lleva a un empobrecimiento de la cultura y conocimientos que potencialmente pueden tener gran importancia científica en el futuro.

La expansión de las actividades humanas, sobre todo en las llanuras, ha desplazado a los mezquitales, que eran de amplia distribución en el estado y actualmente están decreciendo continuamente, con respecto a su superficie original. (Sánchez-Martínez, 2009). La especie dominante de esta comunidad, el mezquite (*P. laevigata*), es un árbol siempreverde de sombra, que tiene un potencial de uso como árbol dentro de los parques urbanos. Otras especies del mezquital y del bosque espinoso, como la hierba del potro (*Caesalpinia mexicana*), el codo de fraile (*Thevetia peruviana*), y cactáceas, como el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), también poseen una gran calidad estética y tienen potencial como especies ornamentales. De igual forma, el potencial ornamental de las especies del bosque de encino se explota muy poco.

Los encinos deciduos y siempreverdes, son adecuados para su uso como árboles urbanos, ya que su crecimiento es fácilmente controlable en las ciudades (Conafor, 2007*a*). Su adaptación a zonas pedregosas y su resistencia a prolongados periodos de sequía también es una ventaja en los extremos entornos urbanos (Conafor, 2007*b*). Otras especies como el tascate (*Juniperus flaccida* y *J. deppeana*), así como el pino piñonero (*Pinus cembroides*), tienen gran calidad estética y son igualmente tolerantes a los suelos pobres y a cierta sequía, por lo que podrían utilizarse en el diseño de parques y jardines. Otros elementos de la vegetación nativa son los arbustos grandes con flor, como el sauco (*Sambucus sp.*), la pata de vaca (*Bauhinia sp.*), el codo de fraile (*Thevetia thevetioides*) y la tronadora (*Tecoma stans*), que son una alternativa para espacios limitados, como banquetas y calles estrechas.

Es necesario integrar especies vegetales de origen nativo en los programas de manejo y conservación de la biodiversidad, pero también fomentar su reproducción como especies ornamentales comerciales, lo que representa una forma de atesorar nuestros recursos biológicos y, por lo mismo, una aportación a la conservación de nuestra diversidad cultural. Por último, cabe mencionar que el manejo de flora nativa en parques y jardines, así como en las áreas verdes ligadas a vialidades, fomenta la presencia de especies de fauna en los entornos urbanos, sobre todo de insectos (como las mariposas) y aves, que constituyen parte de la diversidad natural y cultural de nuestro país.

El paisaje es un continuo entre la cultura humana y la naturaleza (taller sobre la Convención Mundial del Paisaje, en el marco de la Conferencia de las Américas de la Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas, Santiago de Chile, 31 de agosto de 2010), dependiendo de su grado de antropogenización.

El paisaje, como parte de nuestra identidad, es una vivencia que involucra a todos los sentidos. Así, el aroma de las limas de Comonfort y el de las fresas en Irapuato complementa el colorido visual; el sabor de la cajeta en Celaya se combina con los olores de la refinería; el son del huapango al borde de la Huasteca se apacigua con el verdor y la humedad. También los reductos del paisaje natural invaden todos nuestros sentidos, con los colores de las flores en la selva baja, el aroma de las resinas, como la del copal, el sabor de las frutas de cactáceas silvestres y las texturas del matorral crasicaule.

Nosotros somos parte de nuestros paisajes culturales, la historia del paisaje está en nuestra memoria y nuestro quehacer marca el paisaje.

Literatura citada

Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2007*a* Fichas técnicas *Quercus rugosa*, en *www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/995Quercus%20rugosa.pdf*, última consulta 21 de septiembre de 2010.

———.2007*b*. Fichas técnicas *Prosopis laevigata*, en *www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/988Prosopis%20laevigata.pdf*, última consulta 21 de septiembre de 2010.

Sánchez-Martínez, E. 2009. "México Forestal", *Revista Electrónica de la Conafor*, en *www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=224&id_article=37396#*, última consulta 14 de septiembre de 2010.

UNESCO. 2005. *Operational Guidelines for the implementation of the World Heritage Convention*, p. 83, en *http://whc.unesco.org/archive/opguide05-en.pdf*, última consulta 14 de septiembre de 2010.

POBLACIÓN Y LOCALIDADES

Claudia L. Galindo Arizpe | María Zorrilla Ramos

Introducción

La relevancia de conocer las características demográficas de un territorio en relación con el uso y manejo de los recursos naturales radica en factores como el crecimiento, la densidad, la estructura de la población por sexo y edad, la natalidad, la mortalidad, así como su distribución de acuerdo con el tamaño de la localidad, lo que permite un mayor conocimiento de sus necesidades, así como de las presiones que a su vez ejerce la sociedad sobre el medio ambiente.

La presente contribución presenta algunos datos relevantes sobre las particularidades de la población del estado de Guanajuato y la manera en la que se distribuye en los 46 municipios que la conforman, con el objeto de coadyuvar a la comprensión de su relación con su medio ambiente y sus recursos naturales.



Ecosistema familiar (fotografía de José Luis Telles Oros, concurso de fotografía "Cuidemos nuestros humedales").

Galindo, C.L. y M. Zorrilla. 2012. "Población y localidades" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 105-115.

Aspectos generales

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2011) el estado de Guanajuato contaba, en el año 2010, con un total de 5 486 372 habitantes, de los cuales 48% eran hombres y 52% mujeres. Lo anterior implica que, en 2010, el estado de Guanajuato albergaba 4.9% de la población nacional, a pesar de que sólo ocupa 1.6% del territorio, por lo que, como se puede observar en la figura 1, se ubica como la sexta entidad más poblada de nuestro país (figura 2).

Datos relevantes del Estado de Guanajuato en 2010
1.6% de la superficie del territorio nacional
6º lugar nacional en cantidad de población (5.48 millones de personas en 2010)
Lugar 22 a nivel nacional en términos de superficie
6º lugar en densidad demográfica (179 hab/km²), tres veces más que la densidad media nacional (57 hab/km²)
13 localidades mayores de 50 mil habitantes que concentran el 49.7% de la población estatal

Figura 1. Principales indicadores demográficos del estado de Guanajuato.

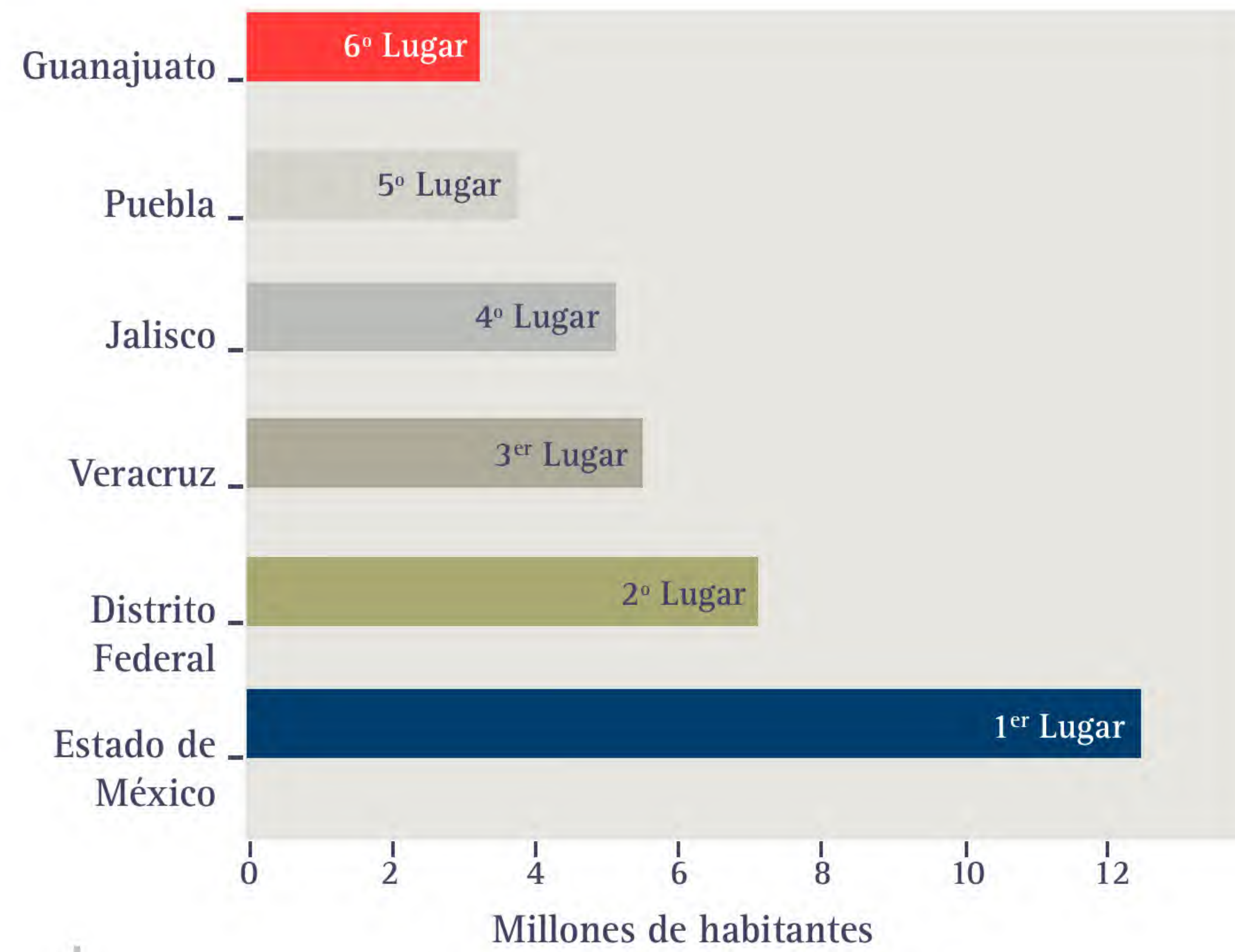


Figura 2. Entidades federativas con mayor población en el país 2010. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

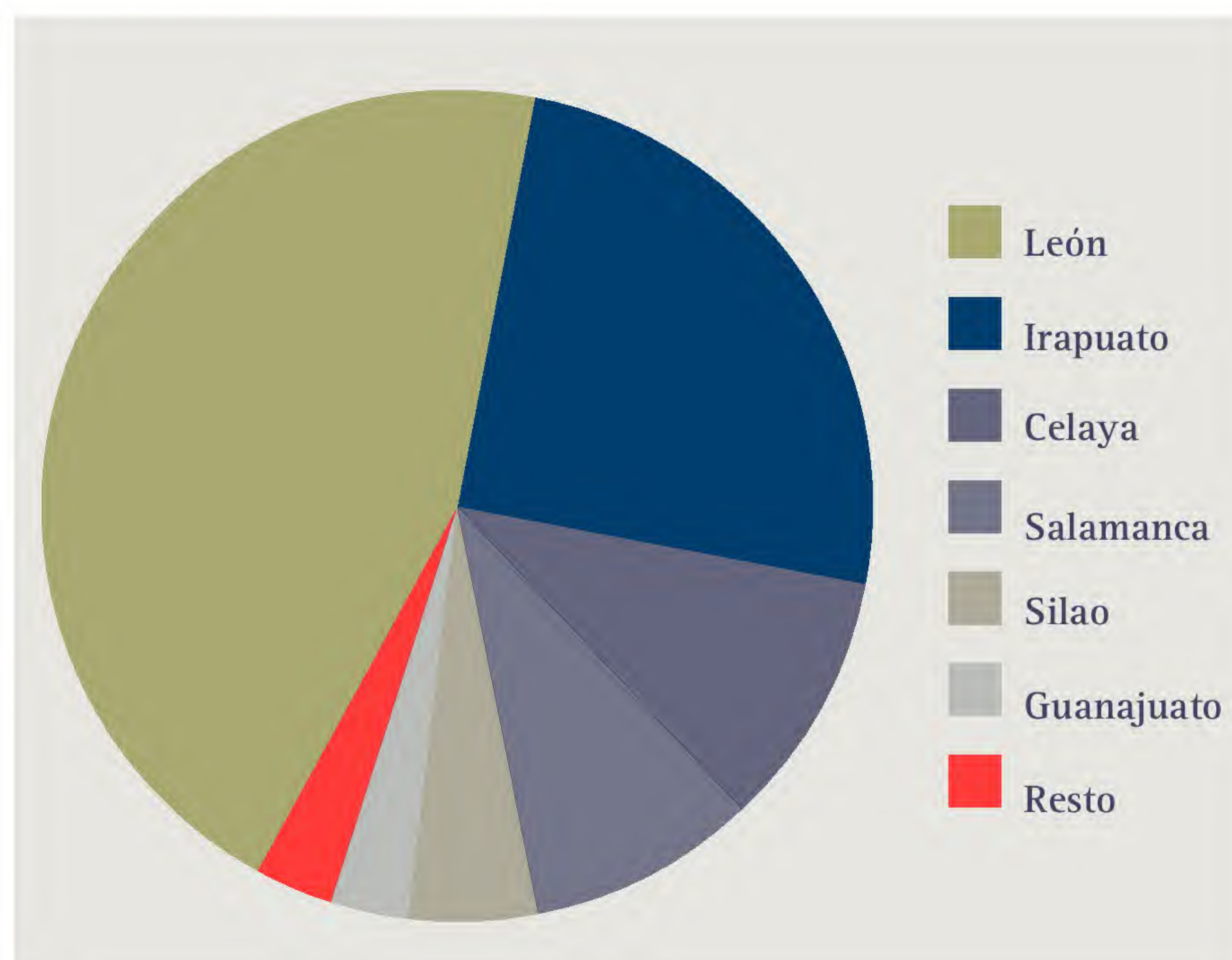


Figura 3. Porcentaje de distribución de la población entre los principales municipios del estado de Guanajuato en el año 2010. En seis municipios se concentra 55% de la población, y en los otros 40 municipios se distribuye el resto. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2011.

Guanajuato es, a su vez, una de las entidades federativas del país que cuenta con mayor número de municipios con más de 100 000 habitantes;[1] en siete de ellos, se concentra más de la mitad de la población estatal: tan sólo el municipio de León[2] albergó en el año 2010 a 26.1%, en tanto que Irapuato y Celaya,[3] contenían 9.6 y 8.5%, respectivamente (figura 3).

Las cabeceras municipales de esos municipios, junto con las de Salamanca, Guanajuato y Silao, representan igualmente las ciudades más competitivas del estado. En su conjunto, éstas y sus zonas metropolitanas se encuentran ubicadas en el Corredor Agro-Industrial del Bajío, que coincide con la carretera 45 que conecta al centro del país desde Querétaro hasta Aguascalientes y Zacatecas, hacia Ciudad Juárez, y es considerado como uno de los ejes estratégicos más importantes de la articulación del país con la economía internacional.

[1]De hecho, 39.5% de sus localidades cuenta con más de 100 000 habitantes, así como con un sistema de ciudades integrado por 14 ciudades medias con más de 100 000 habitantes cada una (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2011).
[2]El único municipio y la única ciudad con más de un millón de habitantes y una densidad de 959 habitantes por km² en 2005 (*Enciclopedia de los Municipios de México,* 2011).
[3]La primera, con 463 000 habitantes y una TMCA de 0.9%, y la segunda con 416 000 personas y una TMCA de 1.5%. Datos del Inegi, 2006.

Lengua indígena

De la población mayor de tres años, en 2010, sólo 0.3% hablaba alguna lengua indígena, lo cual ubica a Guanajuato como la entidad con menor proporción de población hablante de lengua indígena en todo el país. Las lenguas que se hablan son mayoritariamente otomí, chichimeca y náhuatl. Los municipios que concentran la mayor parte de la población hablante de lengua indígena son León, San Luis de la Paz, Tierra Blanca y Celaya, en ese orden.

Estructura poblacional

En términos de la estructura de la población por sexo y edad, en las figuras 4 y 5 se pueden observar procesos interesantes: en primer lugar, la base de la pirámide (el grupo de población entre cero y cinco años) se vuelve ligeramente más corta entre los años 2005 y 2010; por otra parte, los grupos de población más grandes en 2010 están entre cinco y 19 años, lo cual significa un importante reto para dotar a la población joven de servicios de educación. También se observa cómo la base superior de la pirámide (el grupo que corresponde a la edad de 75 años en adelante) se hace más grande en el año 2010.

En la figura 5 se refleja el comportamiento del total de la población del estado, sin embargo, las pirámides poblacionales calculadas por municipio ofrecen otra perspectiva; por ejemplo, se seleccionaron tres municipios con una población menor a 60 000 habitantes y que ilustran con claridad las diferencias.

Como se observa en las figuras 6a, 6b y 6c, el municipio de Apaseo el Alto presenta una estructura similar a la estatal, en la que las barras de la base de la pirámide se están acortando; se trata también de una figura casi simétrica en la que la forma se ve alterada sólo en el grupo de la población masculina de los 20 a los 30 años de edad. En contraste, el municipio de Purísima del Rincón (que más adelante se observará que posee la mayor tasa de crecimiento poblacional del estado) presenta una forma donde las barras de la base de la pirámide siguen siendo las más grandes y su forma es simétrica en contraste con el municipio de Manuel Doblado (con el cual colinda). Este último municipio presenta una estructura totalmente distinta, en la que sobresale la asimetría del sector masculino con una importante disminución, que no corresponde a un crecimiento natural de la población, principalmente a partir de los 20 años de edad.

La estructura de la población calculada por sexo y edad no ofrece respuestas sino que plantea importantes preguntas en términos del uso de recursos naturales: ¿a quién se deben enfocar los esfuerzos de educación y concientización ambiental?, ¿cómo se puede aprovechar el conocimiento y la experiencia del grupo de población mayor de 75 años?, ¿puede el uso y aprovechamiento sustentable del capital natural ayudar a consolidar economías locales de manera que la población no tenga que emigrar? Lo que sí queda claro es la importancia de pensar en las necesidades que se van perfilando a partir de estos datos aparentemente tan simples.

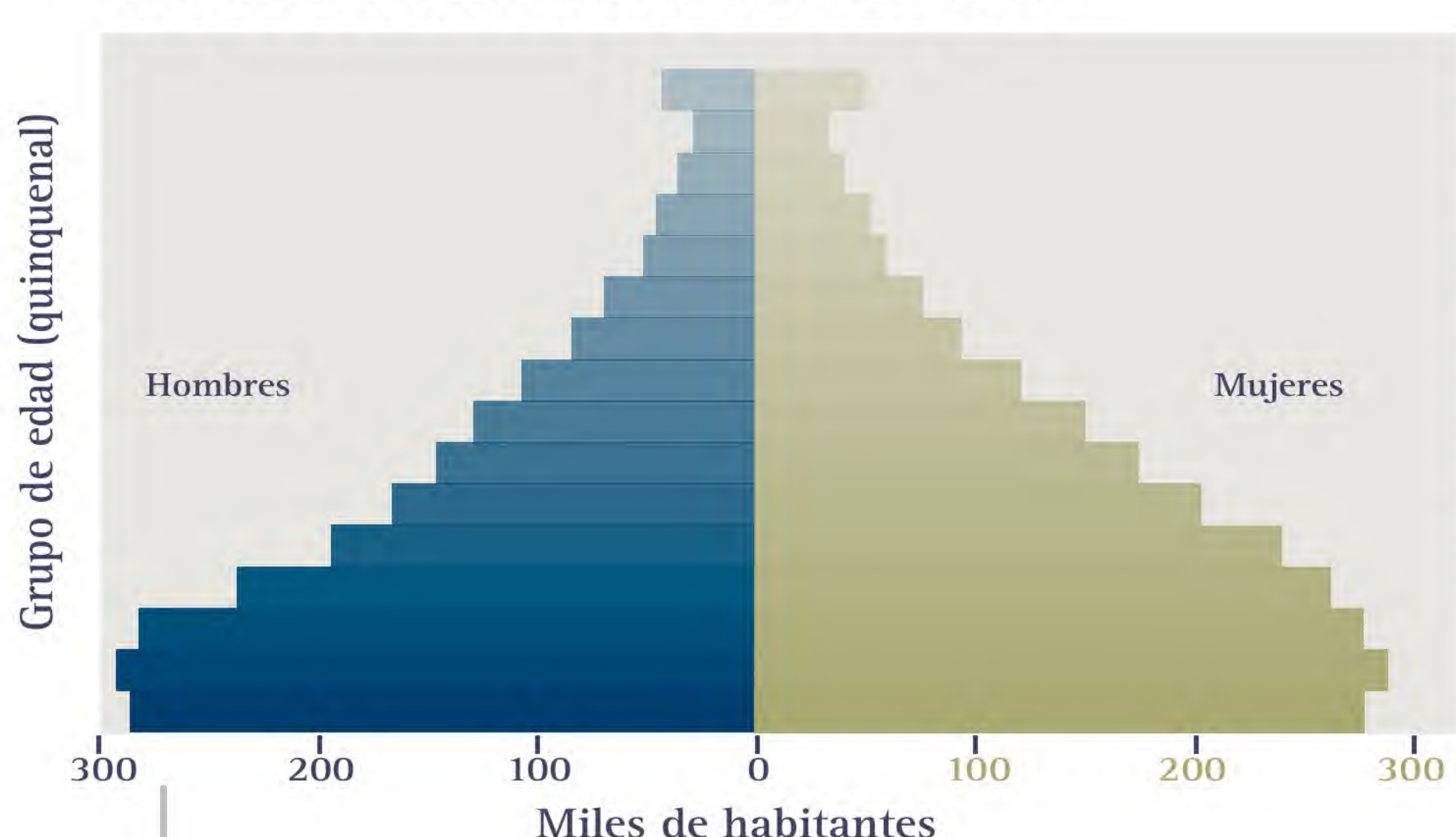


Figura 4. Pirámide poblacional del estado de Guanajuato en el año 2005. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2006.

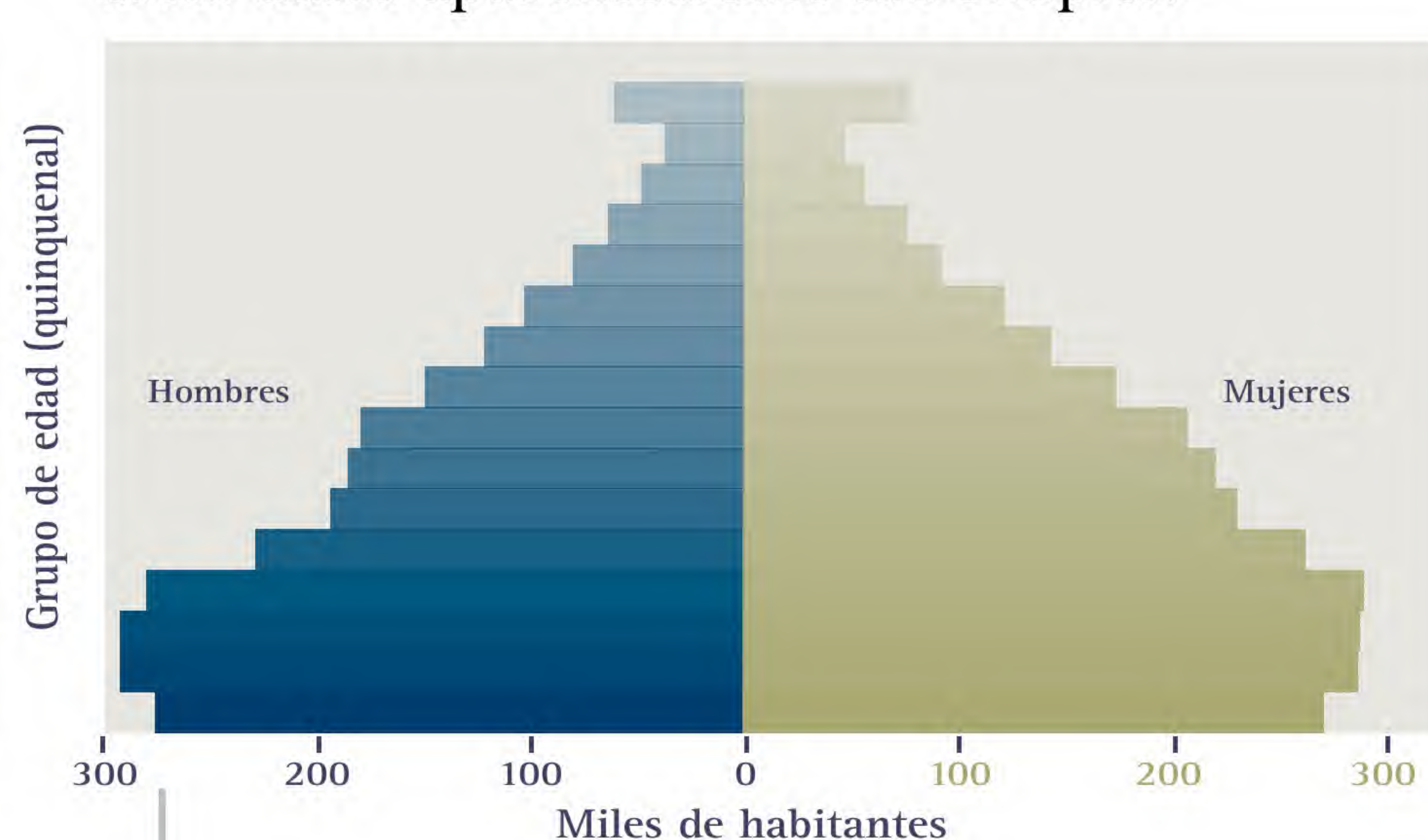


Figura 5. Pirámide poblacional del estado de Guanajuato en el año 2010. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

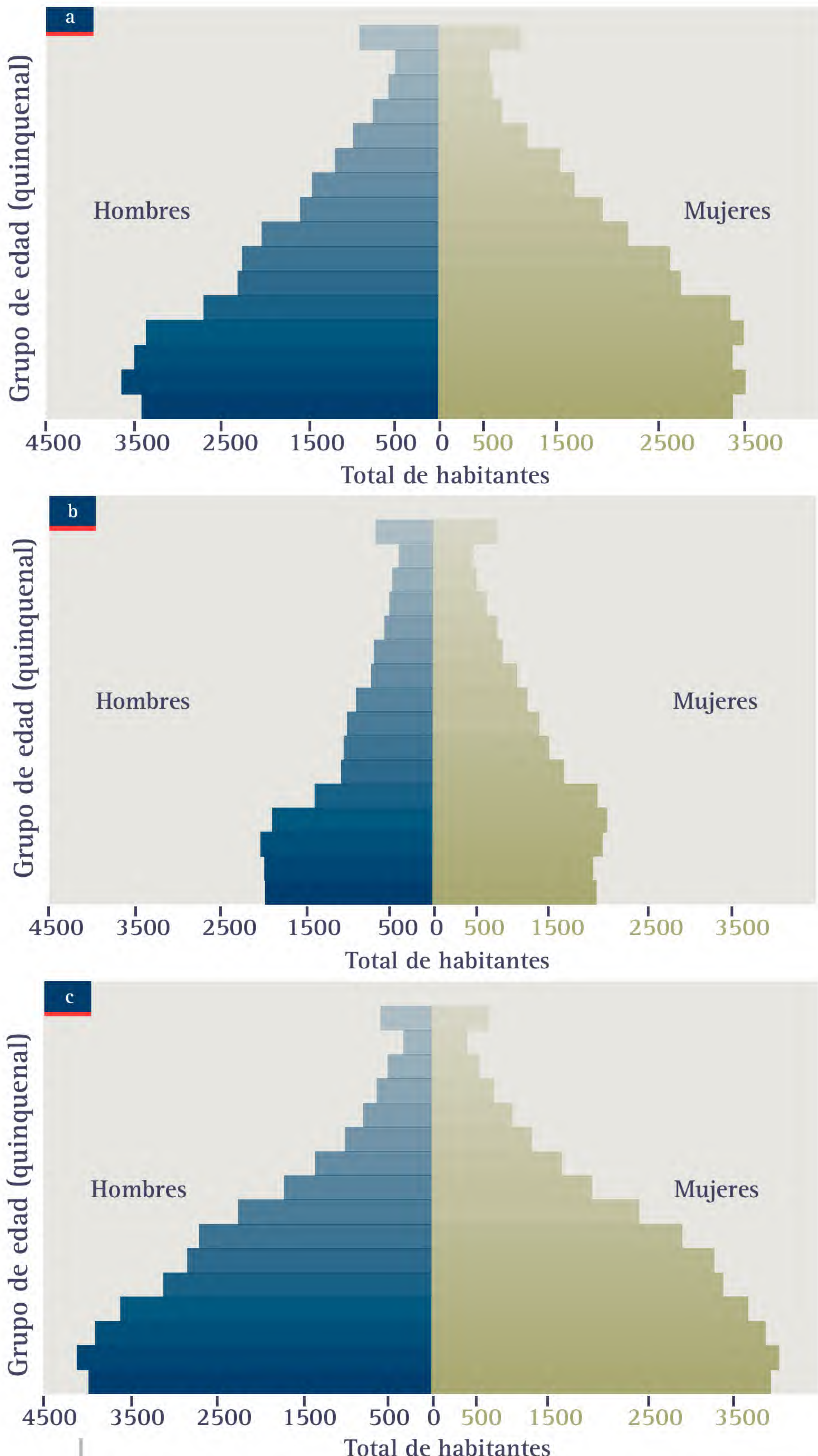


Figura 6. Pirámides de población de municipios seleccionados en el estado de Guanajuato en el año 2010. a) Municipio de Apaseo el Alto, b) Manuel Doblado y c) Purísima del Rincón. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

Crecimiento poblacional

Las condiciones de ubicación, urbanización y crecimiento económico hicieron que, entre las décadas de 1950 y 1990, el estado de Guanajuato presentara una Tasa Media Anual de Crecimiento Demográfico de 2.8%, mientras que a partir de 1990 este ritmo disminuyó notablemente. Del año 1990 al año 2000, la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) fue de 1.6%, al igual que entre los años 2000 y 2010 (como se observa en la figura 7); una tasa media anual de crecimiento ligeramente superior a la de todo el país, la cual se ubica en 1.38% para el mismo periodo.

En el cuadro 1 se presentan las TMCA por municipio y en la figura 8 se muestra un mapa

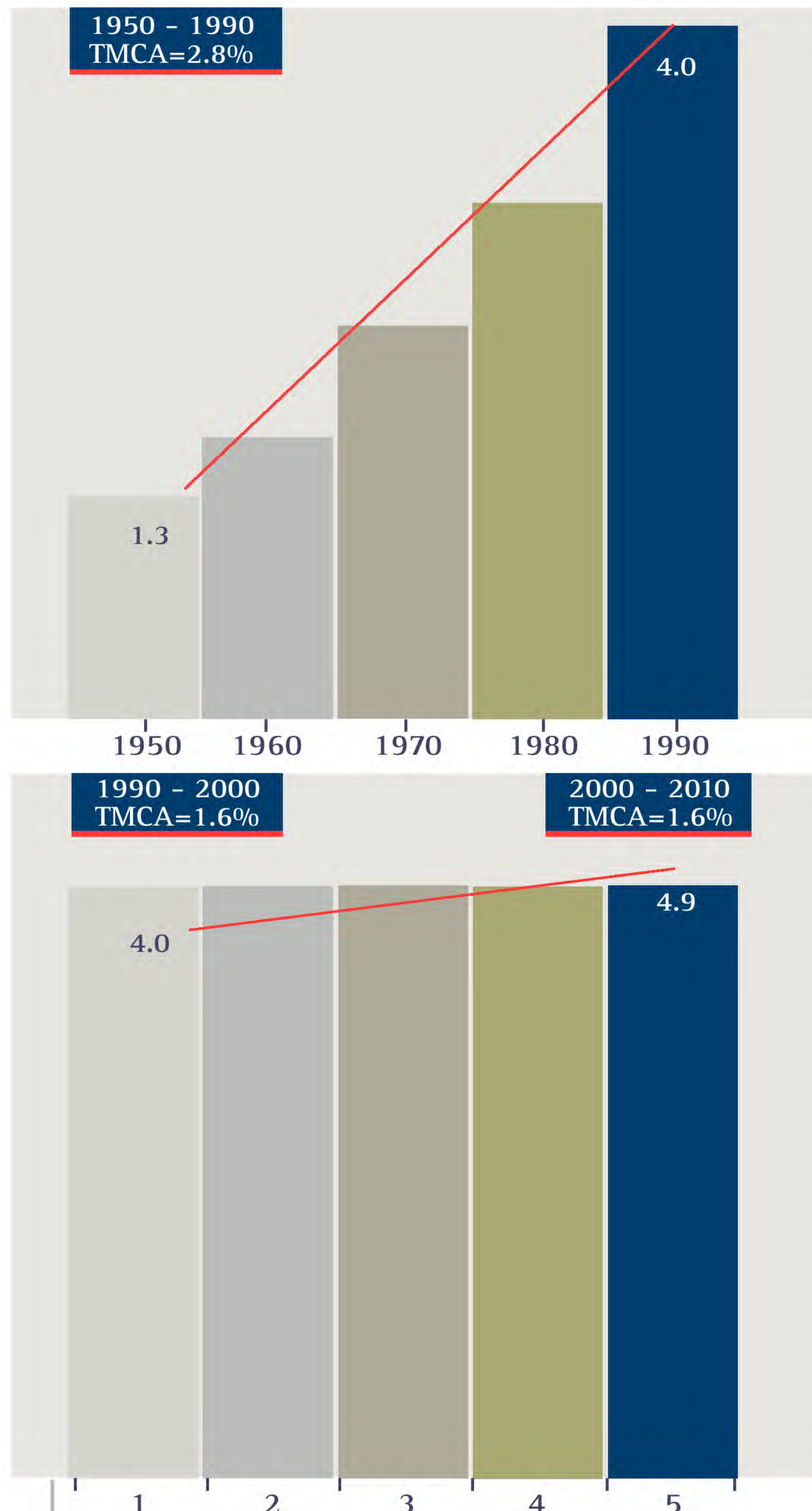


Figura 7. Crecimiento demográfico del estado de Guanajuato calculado para el periodo de 1990-2010 (millones de personas). Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

donde se observa cómo se presentan en el territorio. Resalta el caso del municipio de Purísima del Rincón con una tasa anual de 4.3%. Por otra parte, las mayores tasas de crecimiento están alrededor del corredor agroindustrial del Bajío,

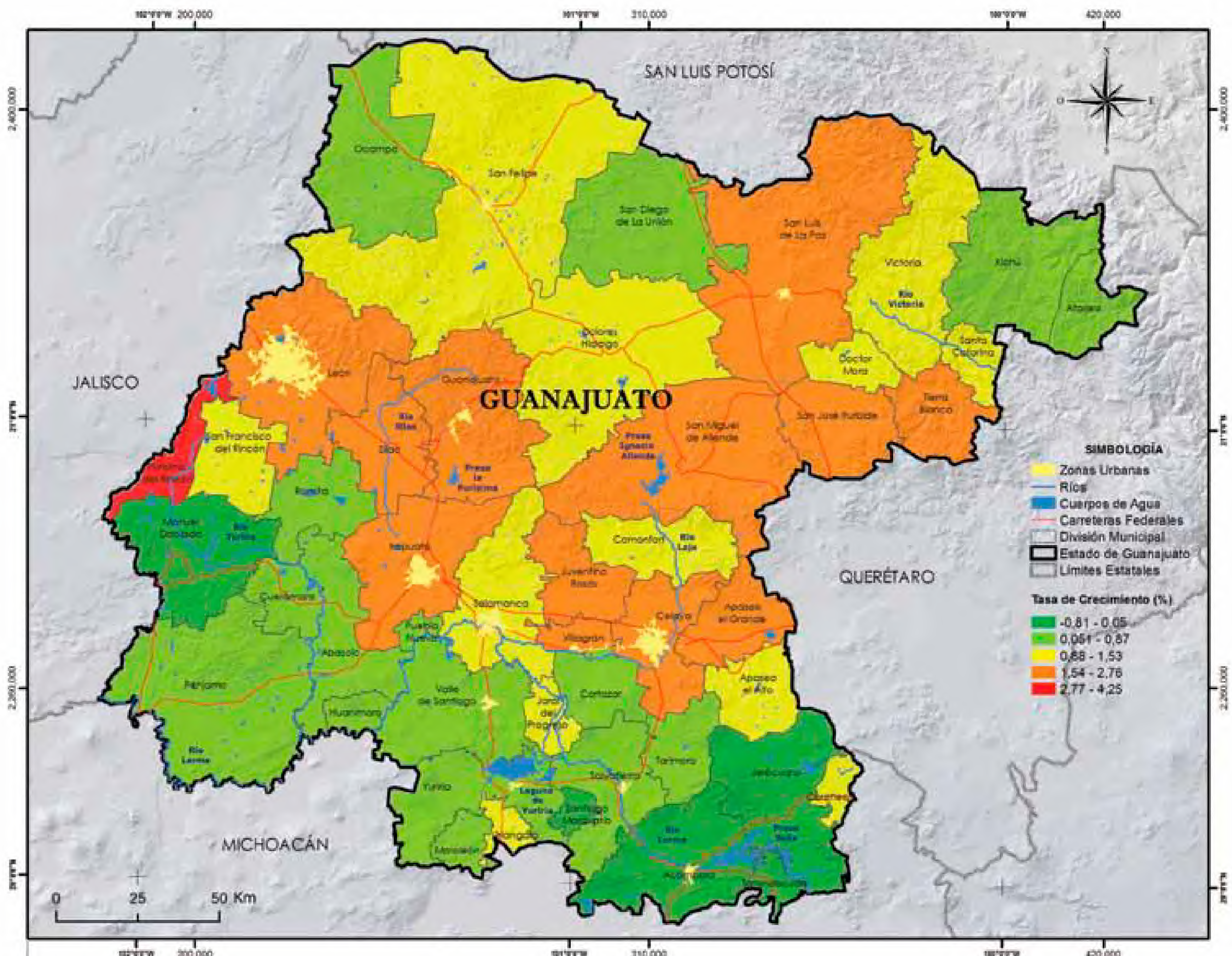


Figura 8. Tasa media de crecimiento anual 2000-2010 por municipio. Fuente: IEE con base en Inegi, 2011.

Cuadro 1. Tasa Media de Crecimiento Anual a nivel municipal calculada para el periodo 2000-2010.

	Población total en 2000	Población total en 2005	Población 2010	TMCA 2000-2005 %	TMCA 2000-2010 %
Abasolo	79 093	77 094	84 332	-0.45	0.62
Acámbaro	110 718	101 762	109 030	-1.48	-0.15
San Miguel de Allende	134 880	139 297	160 383	0.57	1.69
Apaseo el Alto	56 817	57 942	64 433	0.35	1.23
Apaseo el Grande	68 738	73 863	85 319	1.28	2.12
Atarjea	5 198	5 035	5 610	-0.56	0.74
Celaya	382 958	415 869	468 469	1.46	1.97
Manuel Doblado	38 309	34 313	37 145	-1.92	-0.30
Comonfort	67 642	70 189	77 794	0.65	1.36
Coroneo	10 347	10 972	11 691	1.04	1.19
Cortazar	81 359	83 175	88 397	0.39	0.81
Cuerámaro	25 610	23 960	27 308	-1.17	0.62
Doctor Mora	19 943	21 304	23 324	1.17	1.53
Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	128 994	134 641	148 173	0.76	1.35
Guanajuato	141 196	153 364	171 709	1.47	1.91
Huanímaro	19 693	18 456	20 117	-1.14	0.21
Irapuato	440 134	463 103	529 440	0.90	1.81
Jaral del Progreso	31 803	31 780	36 584	-0.01	1.37
Jerécuaro	55 311	46 137	50 832	-3.15	-0.81
León	1 134 842	1 278 087	1 436 480	2.12	2.31
Moroleón	47 132	46 751	49 364	-0.14	0.45
Ocampo	20 984	20 579	22 683	-0.34	0.76
Pénjamo	144 426	138 157	149 936	-0.78	0.36
Pueblo Nuevo	10 398	9 750	11 169	-1.13	0.70
Purísima del Rincón	44 778	55 910	68 795	3.99	4.25
Romita	51 825	50 580	56 655	-0.43	0.87
Salamanca	226 654	233 623	260 732	0.54	1.37
Salvatierra	94 558	92 411	97 054	-0.40	0.25
San Diego de la Unión	34 088	34 401	37 103	0.16	0.82
San Felipe	95 359	95 896	106 952	0.10	1.12
San Francisco del Rincón	100 239	103 217	113 570	0.52	1.22
San José Iturbide	54 661	59 217	72 411	1.42	2.76
San Luis de la Paz	96 729	101 370	115 656	0.83	1.75
Santa Catarina	4 533	4 544	5 120	0.04	1.19
Santa Cruz de Juventino Rosas	65 479	70 323	79 214	1.27	1.86
Santiago Maravatío	7 151	6 389	6 670	-1.97	-0.67

Cuadro 1. Continuación.

	Población total en 2000	Población total en 2005	Población 2010	TMCA 2000-2005 %	TMCA 2000-2010 %
Silao	134 337	147 123	173 024	1.62	2.48
Tarandacuao	11 583	10 252	11 641	-2.13	0.05
Tarimoro	37 418	33 014	35 571	-2.18	-0.49
Tierra Blanca	14 515	16 136	18 175	1.88	2.20
Uriangato	52 931	53 077	59 305	0.05	1.11
Valle de Santiago	130 821	127 945	141 058	-0.39	0.73
Victoria	17 764	19 112	19 820	1.30	1.07
Villagrán	45 941	49 653	55 782	1.38	1.90
Xichú	11 323	10 592	11 560	-1.17	0.20
Yuriria	73 820	63 447	70 782	-2.63	-0.41
Estado	4 663 032	4 893 812	5 486 372	0.86	1.59

Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2006 y 2011.

así como de las carreteras federales que conectan al estado con Aguascalientes y Zacatecas (carretera 45) y con San Luis Potosí (carretera 57). En contraste, las menores tasas de crecimiento están en el sur del estado.

Densidad demográfica

La importante concentración poblacional del estado actualmente, así como su notable densidad demográfica, siguen siendo consecuencia, en buena medida, del fuerte incremento demográfico registrado entre 1950 y 1990, el cual significó 2.7 millones de personas más en un periodo de 40 años en la entidad, la que cuenta con una superficie de 30 608.44 km^2, y alcanzó en el año 2010 una densidad demográfica de 179 habitantes por km^2, por lo que ocupa el sexto lugar a nivel nacional. Lo anterior implica una densidad tres veces superior a la media nacional, que es de 57 personas por km^2 (figura 9).

Con respecto a los municipios, destaca el de León, con una densidad de 1 176 habitantes por km^2 en el año 2010, seguido de los municipios de Celaya, Irapuato, Uriangato, Villagrán y Salamanca. La figura 10 muestra un mapa donde se observa que las mayores densidades se localizan alrededor del corredor agroindustrial del Bajío.

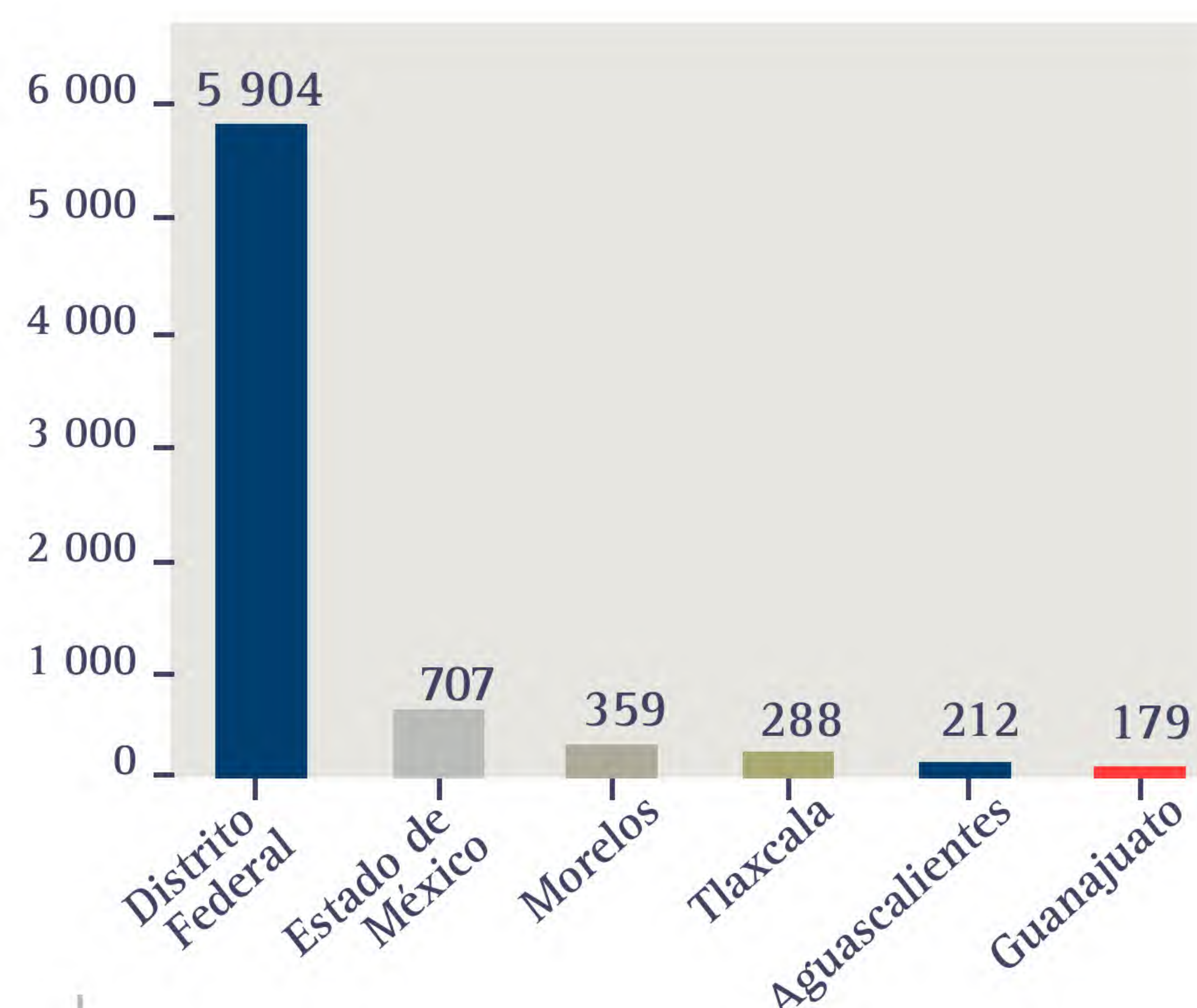


Figura 9. Entidades federativas con mayor densidad demográfica del país, 2010 (habitantes por km^2). Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

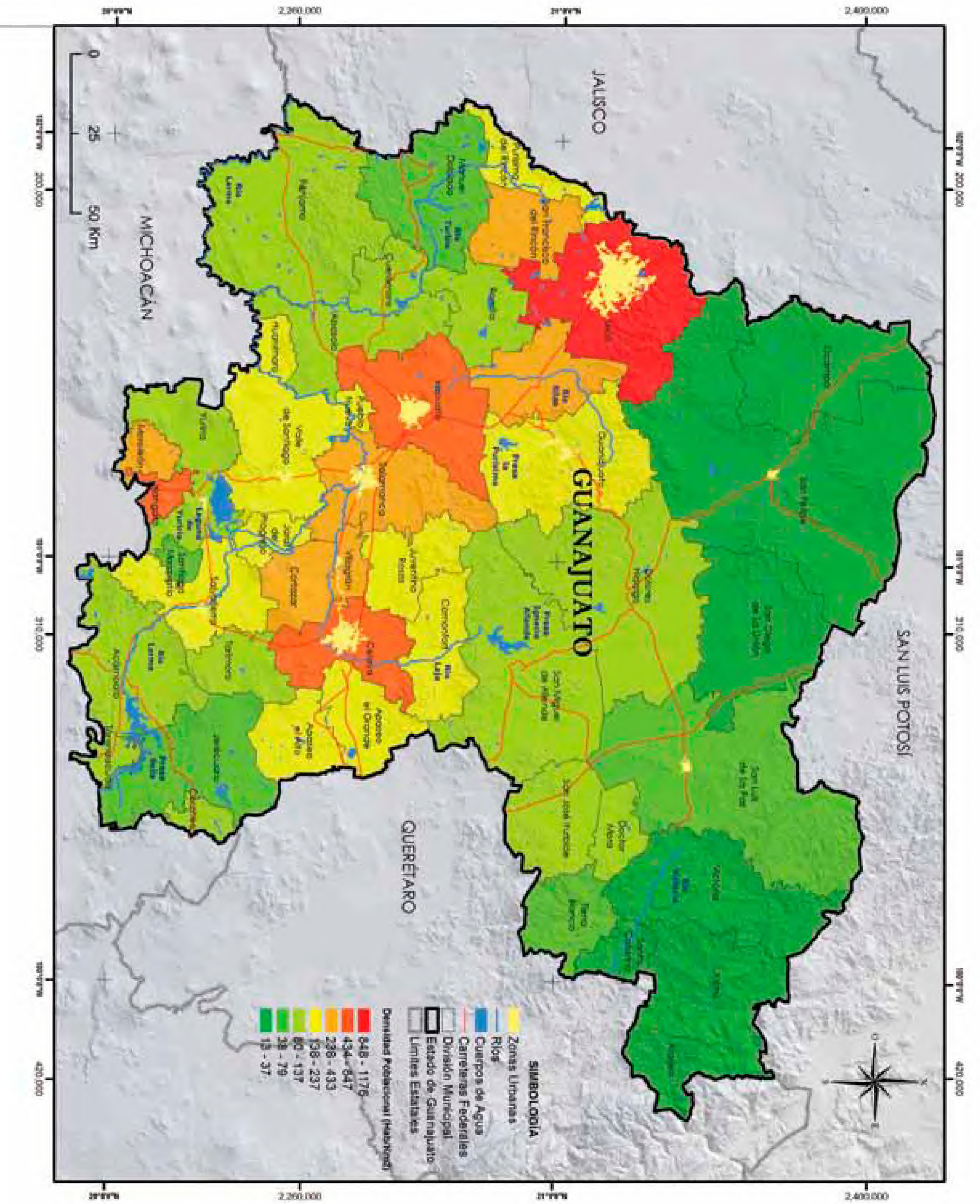


Figura 10. Densidad poblacional por municipio. Fuente: IEE con base en Inegi, 2011.

Localidades

En 2010, el Inegi registró un total de 8 995 localidades censales en el estado. El patrón que se observa en su distribución territorial es de concentración-dispersión ya que, como se muestra en el cuadro 2, casi la mitad de la población (49.7%) habita en 13 localidades mayores a 50 000 habitantes, que equivalen a 0.13% de localidades del estado. En contraste, 30% de la población del estado habita en 8 851 localidades menores a 2 500 habitantes, es decir, en 98.6% del total de ellas.

En la entidad, 23.24% de la población se concentra en la cabecera municipal del municipio de León; otro 16% habita en las cabeceras municipales de Irapuato, Celaya y Salamanca, como se observa en el cuadro 3 y en la figura 11.

Cuadro 2. Distribución de la población por tamaño de localidad en 2010.

Tamaño de localidad (en términos de habitantes)	Total de localidades	Total de población	% de localidades	% de población (respecto al total estatal)	% acumulado de población
1 000 000 y más habitantes	1	1 238 962	0.01	23.24	23.24
100 000 a 499 999 habitantes	3	881 497	0.03	16.28	39.52
50 000 a 99 999 habitantes	9	585 739	0.09	10.16	49.69
15 000 a 49 999 habitantes	20	604 601	0.22	11.19	60.88
2 500 a 14 999 habitantes	111	524 405	1.01	8.82	69.70
1 a 2 499 habitantes	8 851	1 651 168	98.63	30.30	100.00
Total	8 995	5 486 372	100.00	100.00	

Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

Cuadro 3. Localidades mayores a 50 000 habitantes en 2010.

Localidad	Municipio	Población total 2010	Porcentaje de la población estatal en 2010
León de los Aldama	León	1 238 962	22.6
Irapuato	Irapuato	380 941	6.9
Celaya	Celaya	340 387	6.2
Salamanca	Salamanca	160 169	2.9
Guanajuato	Guanajuato	72 237	1.3
San Francisco del Rincón	San Francisco del Rincón	71 139	1.3
Silao	Silao	74 242	1.4
Valle de Santiago	Valle de Santiago	68 058	1.2
San Miguel de Allende	San Miguel de Allende	69 811	1.3
Cortazar	Cortazar	61 658	1.1
Acámbaro	Acámbaro	57 972	1.1
Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	59 240	1.1
Uriangato	Uriangato	51 382	0.9

Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

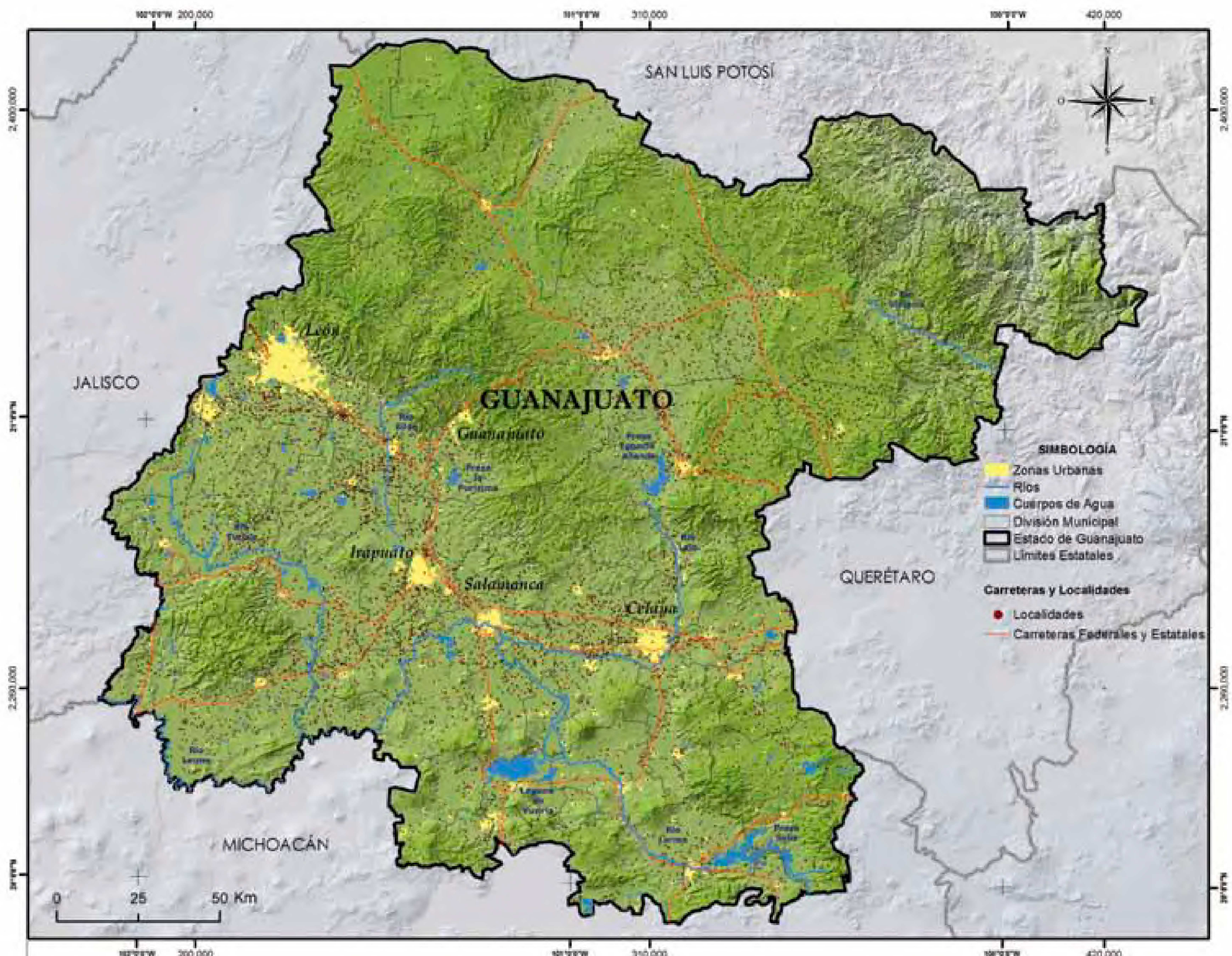


Figura 11. Localidades del estado de Guanajuato. Fuente: IEE con base en Inegi, 2000 y 2011.

Conclusión

Los datos demográficos presentados en esta contribución tienen como objeto dar un panorama general de la población y la ocupación del territorio en el estado de Guanajuato. Se observa que se trata de un estado contrastante; por una parte, la zona del Bajío ubicada en la parte central, es la que acumula la mayor cantidad de población, así como las más altas tasas de crecimiento poblacional; mientras que en el resto del estado, se llegan a presentar condiciones totalmente opuestas como TMCA negativas y una importante dispersión de la población en localidades rurales. Se trata de una contribución de tipo descriptivo que, sin embargo, perfila claramente los procesos sociales, económicos y de aprovechamiento de los recursos naturales que serán descritos en contribuciones posteriores.

Literatura citada

Enciclopedia de los Municipios de México. 2011. Estado de Guanajuato, en *http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/guanajuato/esta.htm.*, última consulta 13 de diciembre de 2011.

Gobierno del Estado de Guanajuato. 2011. Plan Estatal de Desarrollo, 2030, en *http://seip.guanajuato.gob.mx/index.php/biblioteca-virtual/cat_view/84-plan-estatal-de-desarrollo-2030.*, última consulta 13 de diciembre de 2011.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000. *Marco Geoestadístico Municipal*.

———. 2006. *II Conteo de Población y Vivienda 2005, Tabulados Básicos*, en *www.inegi.gob.mx*, última consulta 30 de junio de 2010.

———. 2011. *Censo de Población y Vivienda 2010, Tabulados Básicos*.

2 Capítulo

ECONOMÍA Y SUSTENTABILIDAD

Claudia L. Galindo Arizpe

Introducción

Toda economía tiene implicaciones directas e indirectas tanto en los niveles de bienestar de la población como en la calidad de su medio ambiente y sus acervos naturales. A su vez, los logros y la dirección de los esfuerzos de toda sociedad en relación con la equidad y el uso sustentable de su capital natural y sus servicios ambientales repercuten implícita y explícitamente en los alcances y viabilidad misma del crecimiento de su economía.

En este apartado se busca identificar las características generales de la economía de Guanajuato entre los años 1990 y 2008 con el objeto de reconocer, paralelamente, algunos de los elementos sustantivos en los que ha tomado cuerpo esta relación bidireccional con respecto al desarrollo social en la entidad y las oportunidades existentes para la sustentabilidad en el territorio.

Se presenta primeramente un recuento sobre las grandes tendencias seguidas en la evolución y estructura recientes de la economía del estado, así como de su importancia en el contexto de la economía nacional y de la mesorregión Centro-Occidente durante el periodo referido, concluyendo con un balance general sobre sus implicaciones distributivas y ambientales.



Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz.

Galindo, C.L. "Economía y sustentabilidad" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 116-134.

La economía de Guanajuato en el contexto de la economía nacional

Evolución 1990-2008: grandes tendencias

El estado de Guanajuato cuenta con una economía de larga y reconocida trayectoria en el país. Se trata de una economía que ha logrado mantener, hasta la fecha, un peso importante en la economía nacional, a pesar de que ha venido perdiendo dinamismo en los últimos años.

De acuerdo con la información del Inegi, en el año 2008 el Producto Interno Bruto (PIB) del estado de Guanajuato representó cerca de 4% del PIB nacional, lo que lo ubicó como la séptima economía estatal más importante del país[1] (figura 1).

Entre los años de 1990 y 2008, el PIB de Guanajuato prácticamente se duplicó, logrando un incremento, en términos reales, 18% superior al registrado por la economía nacional en el mismo periodo[2] (figura 2).

De hecho, paralelamente al proceso de apertura comercial del país, el PIB de Guanajuato creció a un ritmo superior al registrado por el PIB nacional: la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del PIB estatal fue de 3.7% entre los años 1990-2008, en tanto que la TMCA del país fue de 3.3% (figura 3).

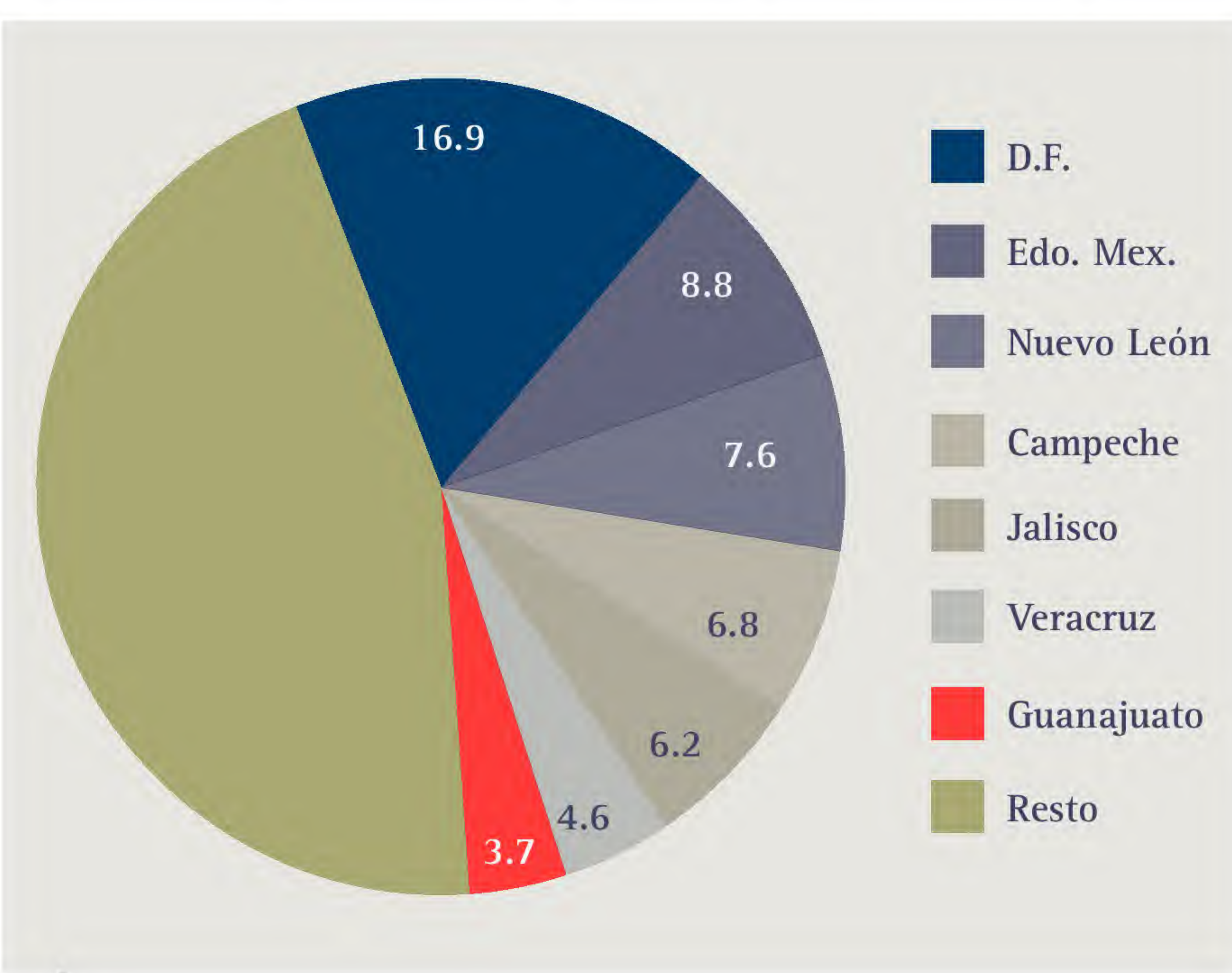


Figura 1. Composición del PIB (%) nacional por entidad federativa en México calculado para el año 2008. Guanajuato ocupa el séptimo lugar. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2008.

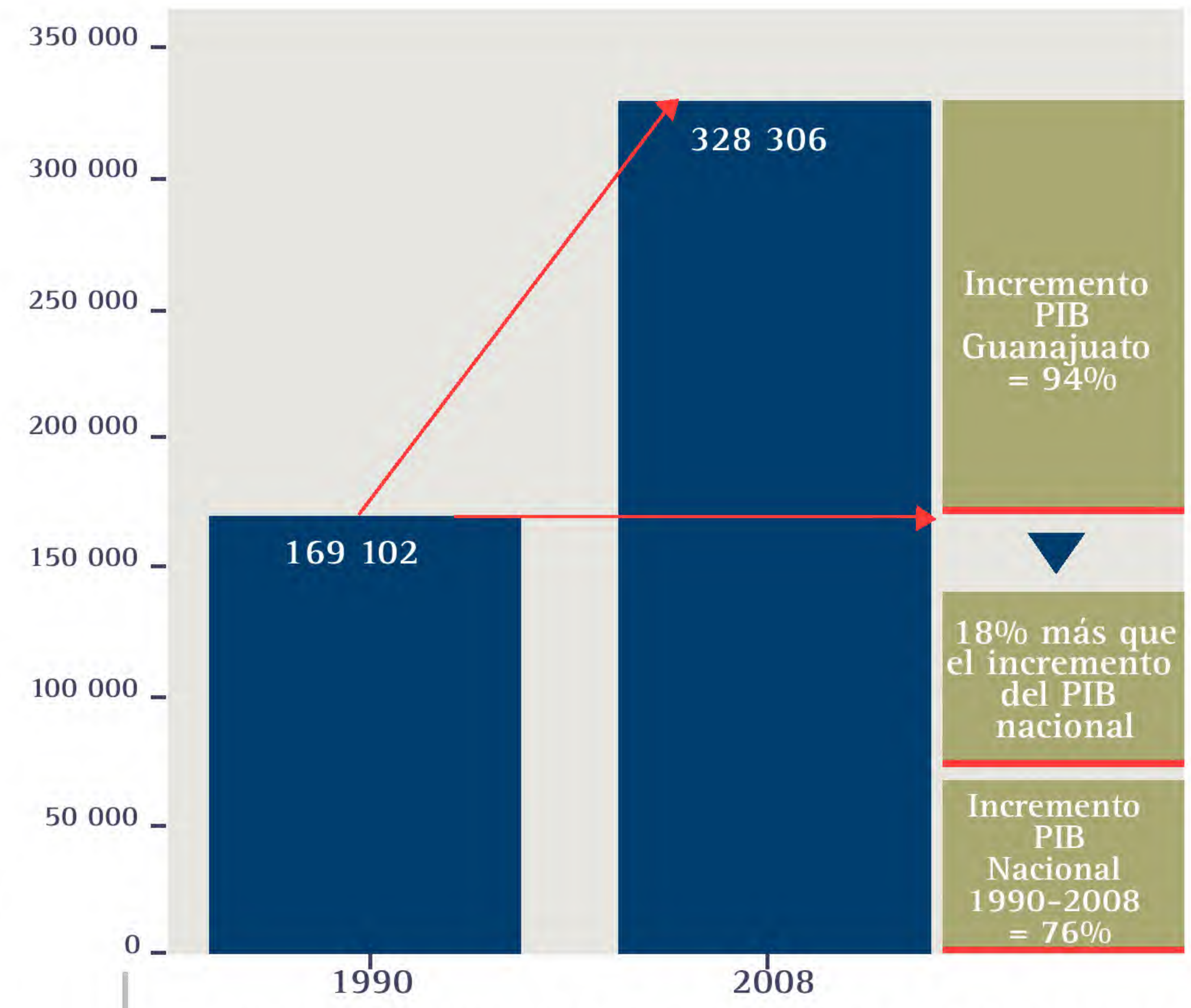


Figura 2. Evolución del PIB del estado de Guanajuato para los años 1990 y 2008 (millones de pesos). Fuente: Elaboración propia con base en la información de Inegi, 2008.

No obstante dicha trayectoria, recientemente la economía de Guanajuato ha mostrado una tendencia a la desaceleración. Comparativamente, entre 2004 y 2008, la TMCA del PIB de Guanajuato fue de 1.9%, mientras que la TMCA del PIB nacional fue de 2.6%, esto es, 34% menor. De hecho, durante ese periodo, la economía nacional creció cerca de 14% en términos reales, el PIB de Guanajuato lo hizo en sólo 10% (Inegi, 2010c) (figura 4).

El Instituto Mexicano para la Competitividad, A.C. (Imco) ubica en su reporte sobre el Índice de Competitividad 2008 entre los elementos explicativos de este proceso que "... la desaceleración económica del estado [...] se puede atribuir a la contracción de la inversión extranjera neta (que terminó siendo negativa en el año 2006), así como a la existencia de menos empresas grandes y de clase mundial" (Imco, 2008). Señala, además, que la productividad de los factores de producción y la capacidad de innovación también disminuyeron. Un dato adicional de la misma fuente (Imco, 2008)

[1]La séptima desde principios de la década de 1990 de acuerdo con mediciones anteriores, como las referidas en Perspectiva Económica de Guanajuato, edición 2005 (Inegi 2010 *b*) y otros.

[2]No obstante que esa brecha de crecimiento se redujo los últimos años, entre 2000 y 2008, el incremento de 24% en el PIB de Guanajuato se mantuvo por arriba del registrado en el PIB nacional, calculado en 22%.

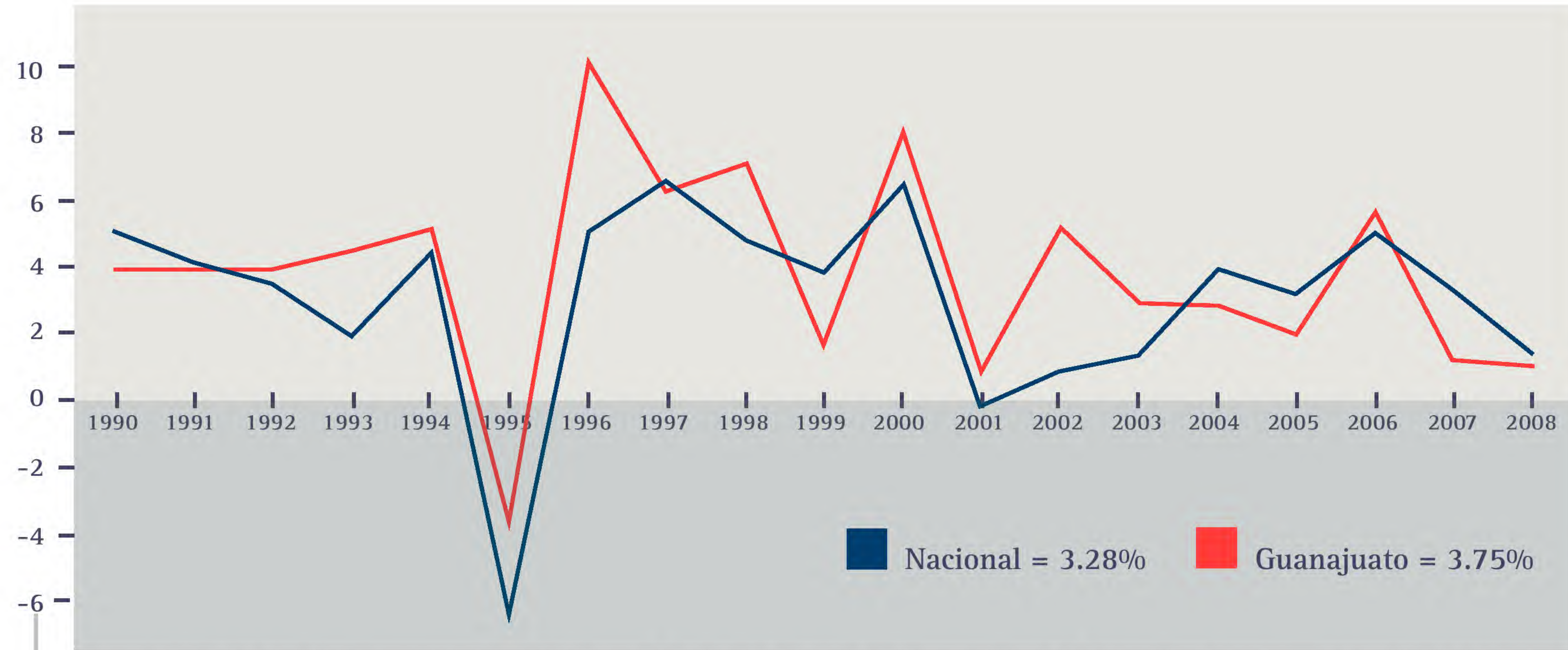


Figura 3. Evolución comparada de Tasas Medias de Crecimiento Anual del PIB nacional y estatal, 1990-2008 (porcentajes). Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2008.

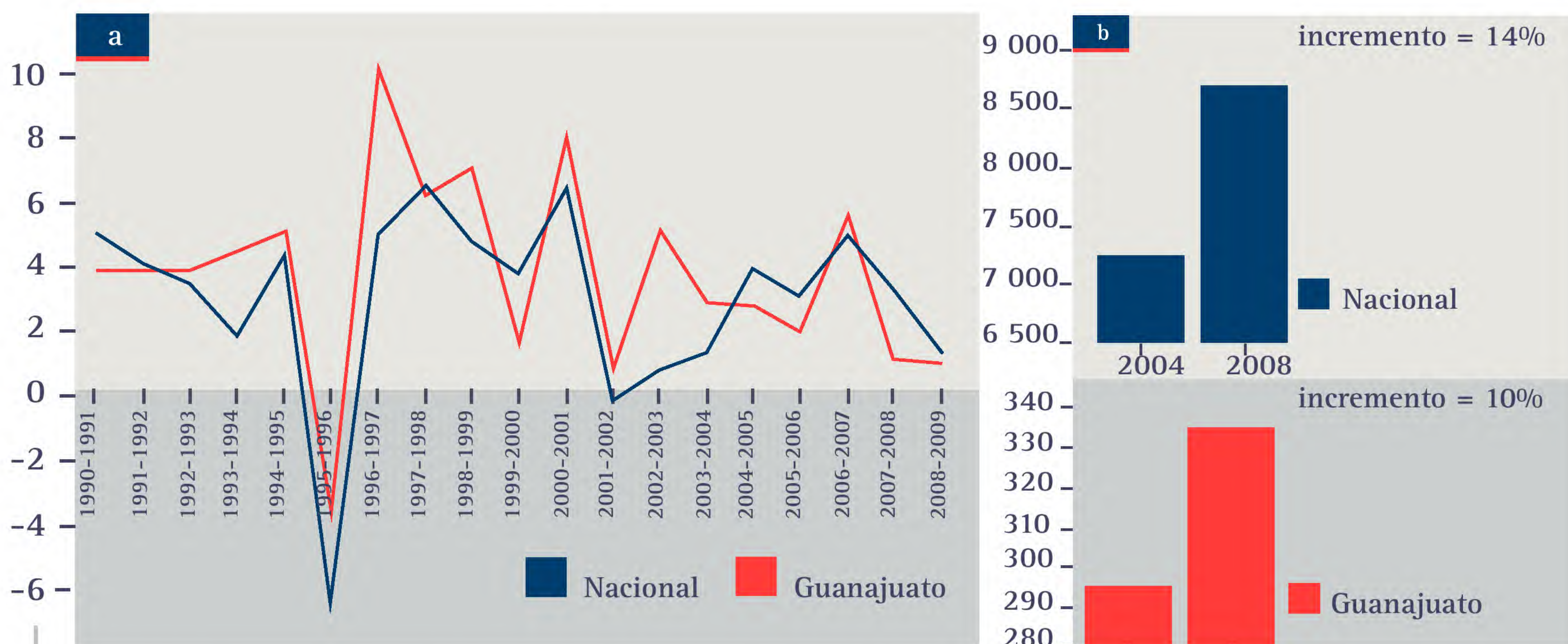


Figura 4. Comparación del comportamiento económico del PIB nacional y estatal 2004 - 2008, a) Tasas Medias de Crecimiento Anual b) Millones de pesos constantes. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2008.

es que la Formación Bruta de Capital Fijo por Población Económicamente Activa (PEA) de Guanajuato ocupó, en 2006, el lugar 23 con respecto al resto de las entidades del país.

Estructura interna: recomposición

Mientras que en la década de 1970, la economía Guanajuatense concentraba su fortaleza competitiva fundamentalmente en las actividades de tipo tradicional, dirigidas básicamente al mercado nacional,[3] hacia nuestros días destaca cada vez más el peso económico de las actividades del sector secundario y terciario vinculadas con el mercado externo[4] (SDES, 2010).

De acuerdo con lo anterior, el valor de la producción estatal generado en el sector primario hasta principios de la década de 1970 pasó de ser prácticamente la mitad del PIB estatal (49% en 1970), a representar únicamente 4.3% en el año 2007, cambiando, como contraparte, la proporción del PIB producido por los sectores secun-

[3]Básicamente del sector primario y asociadas con el comercio, restaurantes y hoteles, seguidas en menor medida por las industrias tradicionales del textil y el cuero, así como de alimentos y bebidas.
[4]Dirigidas primordialmente hacia Estados Unidos.

dario y terciario, en ese mismo lapso, de 45% a 96% (figura 5).

En particular, la industria manufacturera representa, en la actualidad, más de la cuarta parte del PIB estatal (29.3% en 2007, un porcentaje equivalente a 6% del PIB del sector manufacturero del país) y emplea a cerca de la cuarta parte de la Población Ocupada (PO) del estado.

Entre las ramas más destacadas de esta industria se encuentran la automotriz y de autopartes,[5] la elaboración de productos alimenticios,[6] la industria del cuero y el calzado,[7] así como la industria petroquímica, vinculada particularmente a las actividades de la Refinería de Salamanca (figuras 6, 7 y 8).

Resulta importante señalar que la producción de exportación de Guanajuato se realiza fundamentalmente en cinco municipios: Silao, Celaya, León, Irapuato y Salamanca (figura 9).

Por su parte, y no obstante que a través de las actividades del sector primario se generó en 2007 únicamente 4.6% del PIB del estado, la producción agrícola de Guanajuato sigue ocupando un papel estratégico en la estructura de la economía estatal y del uso de su territorio –ese mismo año, 48% de su superficie total continuaba siendo agrícola de acuerdo con Inegi (2010*c*).

Más de cuatro quintas partes de la producción agrícola de Guanajuato son de riego (82% en el año 2008) y se concentran particularmente tanto por su valor como por la superficie sembrada en el Distrito de Desarrollo Rural 052 Cortazar (figura 10). En el año 2006, el 47.6% de las tierras sembradas en el estado fueron de riego (87% por arriba de la media nacional), ocupando el lugar número siete del país en este indicador (Inegi, 2008).

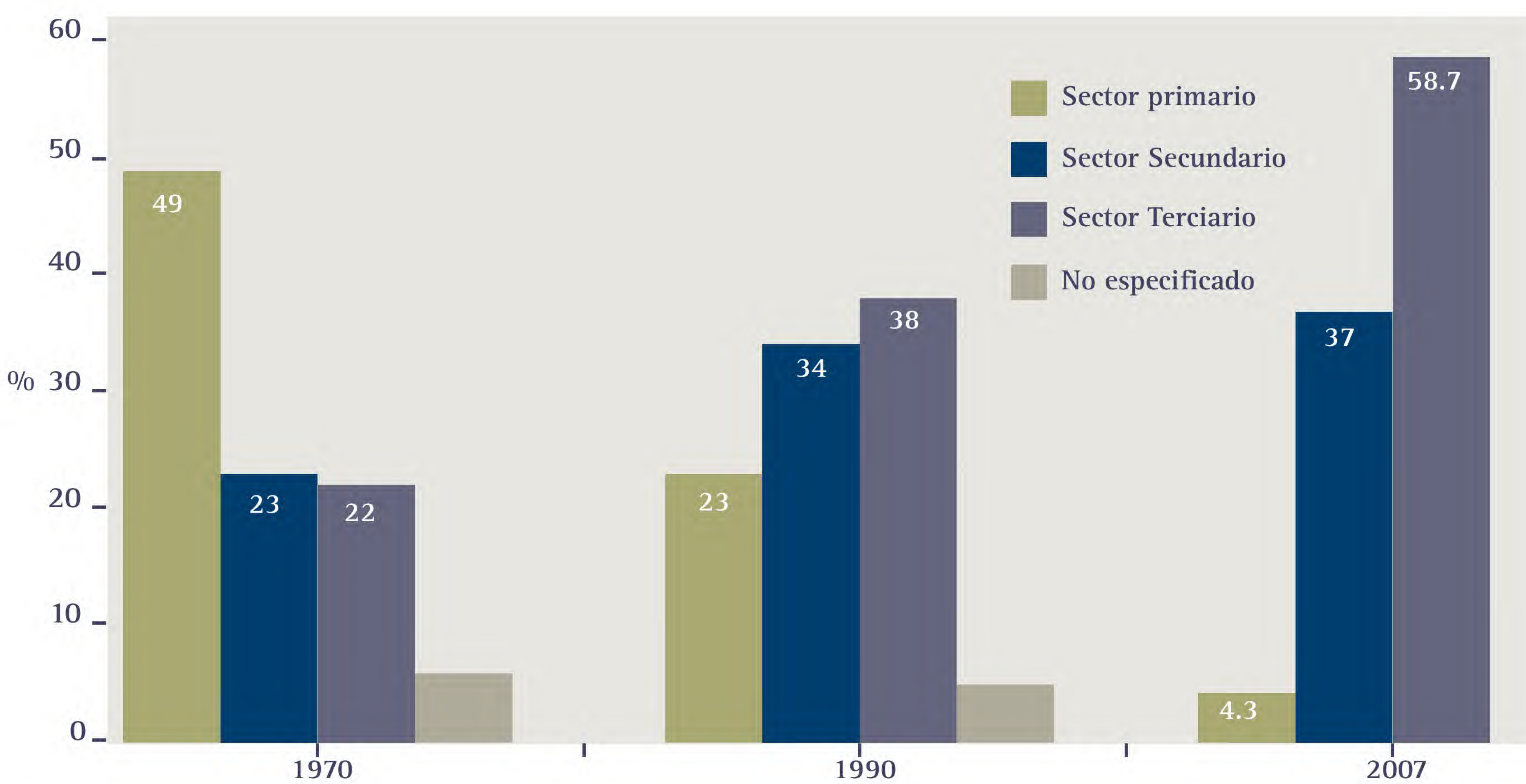


Figura 5. Evolución de la estructura sectorial del PIB, 1970, 1990 y 2007 en el estado de Guanajuato (porcentajes). Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2008.

[5]Correspondiente a productos metálicos, maquinaria y equipo, y aportando más de la tercera parte del PIB manufacturero del estado y dos terceras partes de las exportaciones del mismo hacia finales de la presente década. Esta industria forma parte sustantiva del proceso de reconversión productiva iniciada en la década de 1990 en el estado; en particular la automotriz concentra 63% de la inversión extranjera en el estado entre los años 1999 y 2008, ocupando la segunda posición nacional en unidades económicas al respecto después del Estado de México.

[6]Calculada en el año 2008 en 14.5% del PIB manufacturero y 7% del valor de las exportaciones de Guanajuato de acuerdo con información de la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES, 2010) del Gobierno de Guanajuato con datos de Inegi y Coordinadora de Fomento al Comercio Exterior del Estado de Guanajuato (Cofoce).

[7]De 10.9% del PIB manufacturero y 6.3% de las exportaciones estatales de acuerdo con información de la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES) del Gobierno de Guanajuato con datos de Inegi y Cofoce.

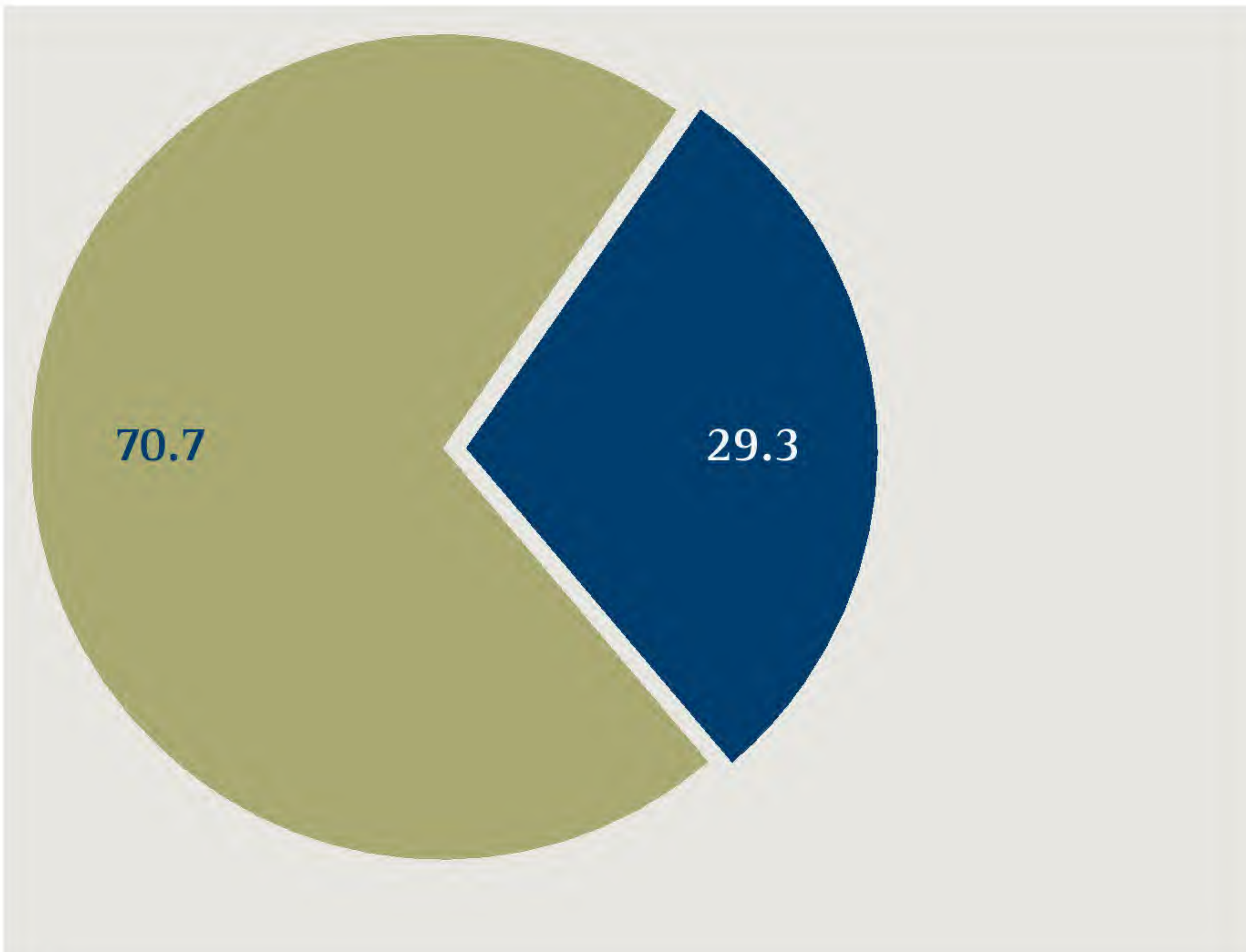


Figura 6. Participación de la industria manufacturera del estado de Guanajuato en el PIB, 2007. Esta industria contribuye con 29.3% (equivalente a 6% del PIB manufacturero del país). Fuente: Elaboración propia con base en información de la SDES, 2010.

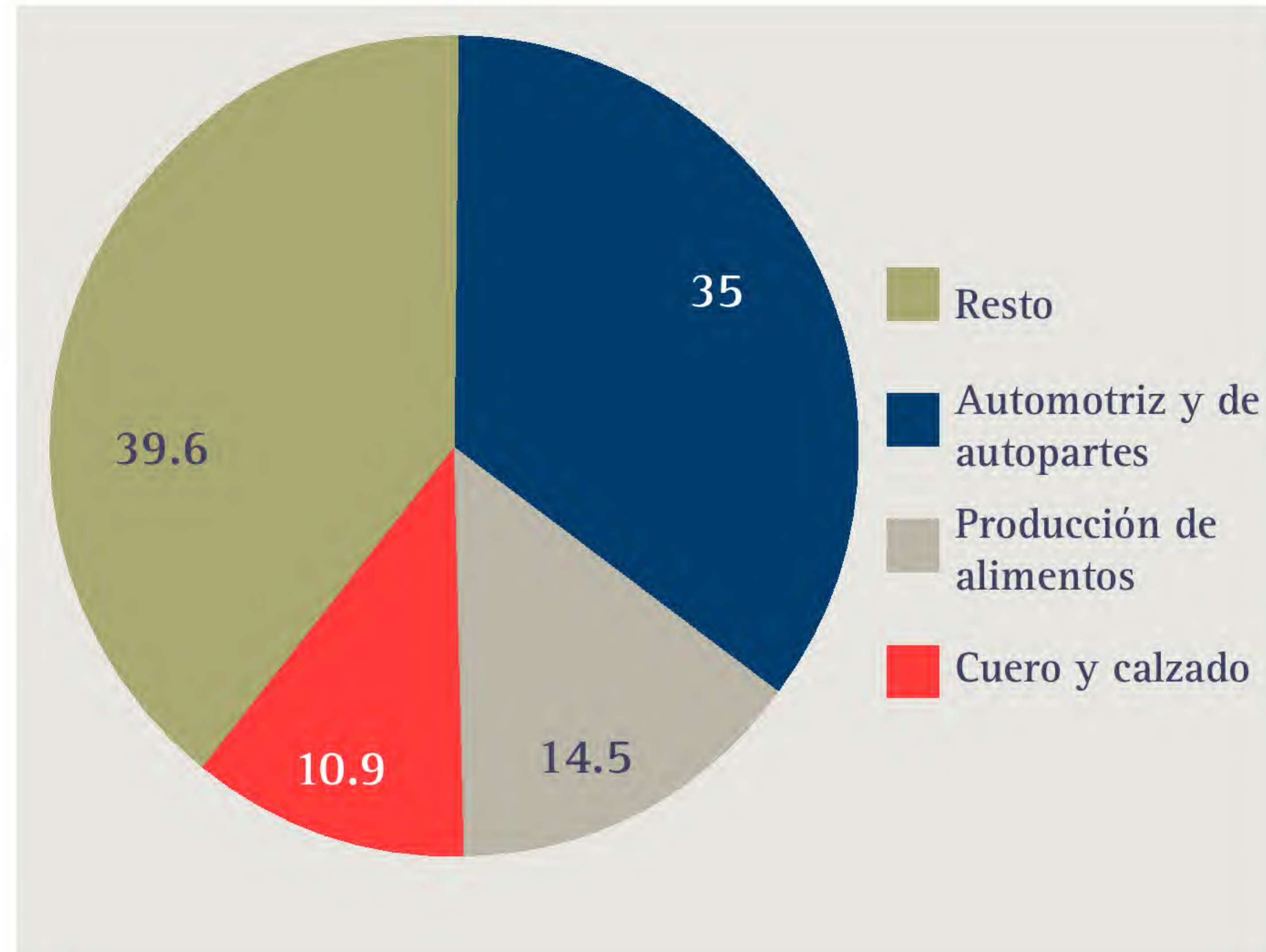


Figura 7. Composición del PIB manufacturero del estado de Guanajuato, 2007. Las tres ramas contribuyen con 60.4% del PIB manufacturero, equivalentes a 66% de las exportaciones del estado. Fuente: Elaboración propia con base en información de la SDES, 2010.

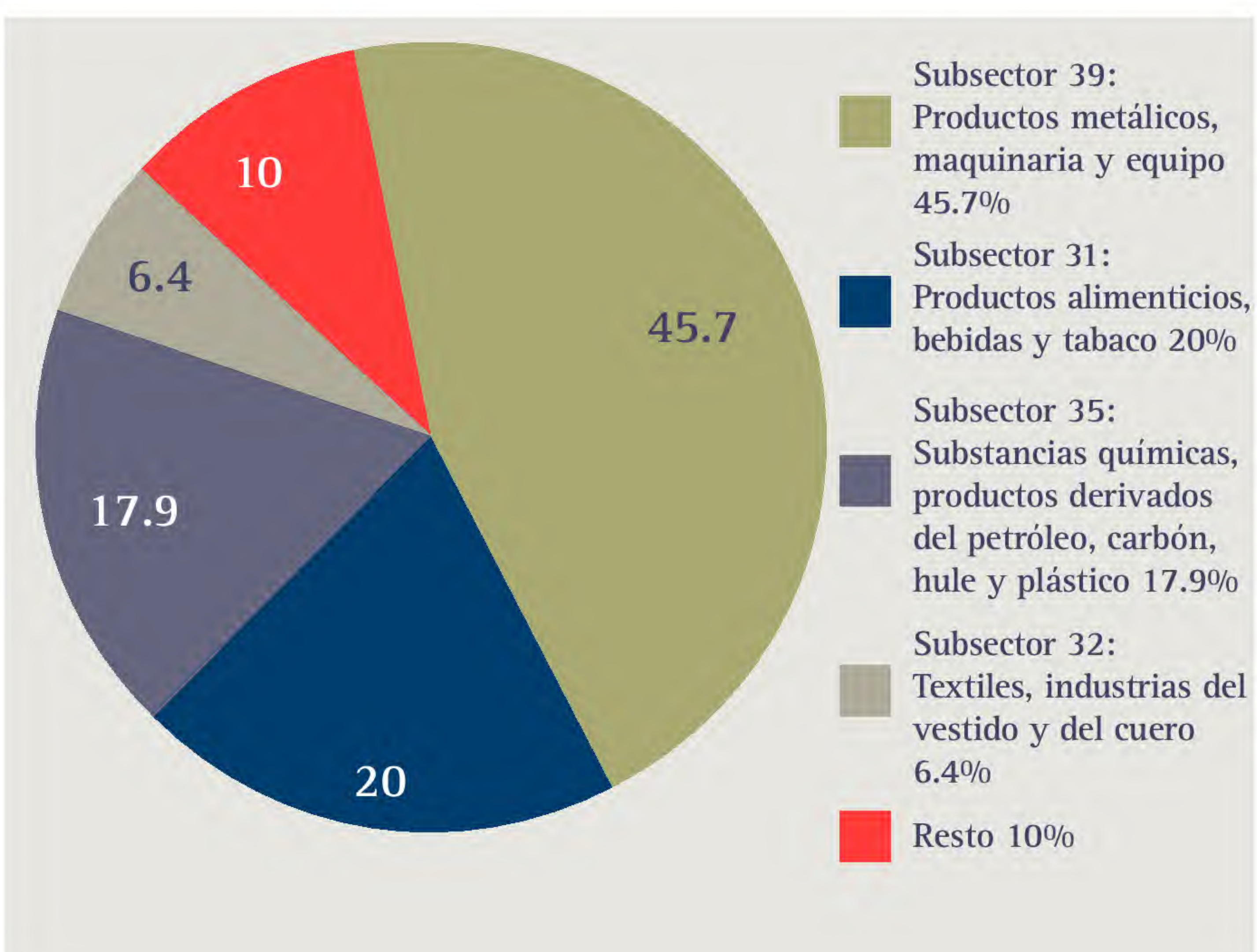


Figura 8. Composición del valor de la producción industrial por subsector en el estado de Guanajuato para el año 2007. Los cuatro subsectores representan 90% del total del valor de la producción del estado. Fuente: Elaboración propia con base en información del Inegi, 2009.

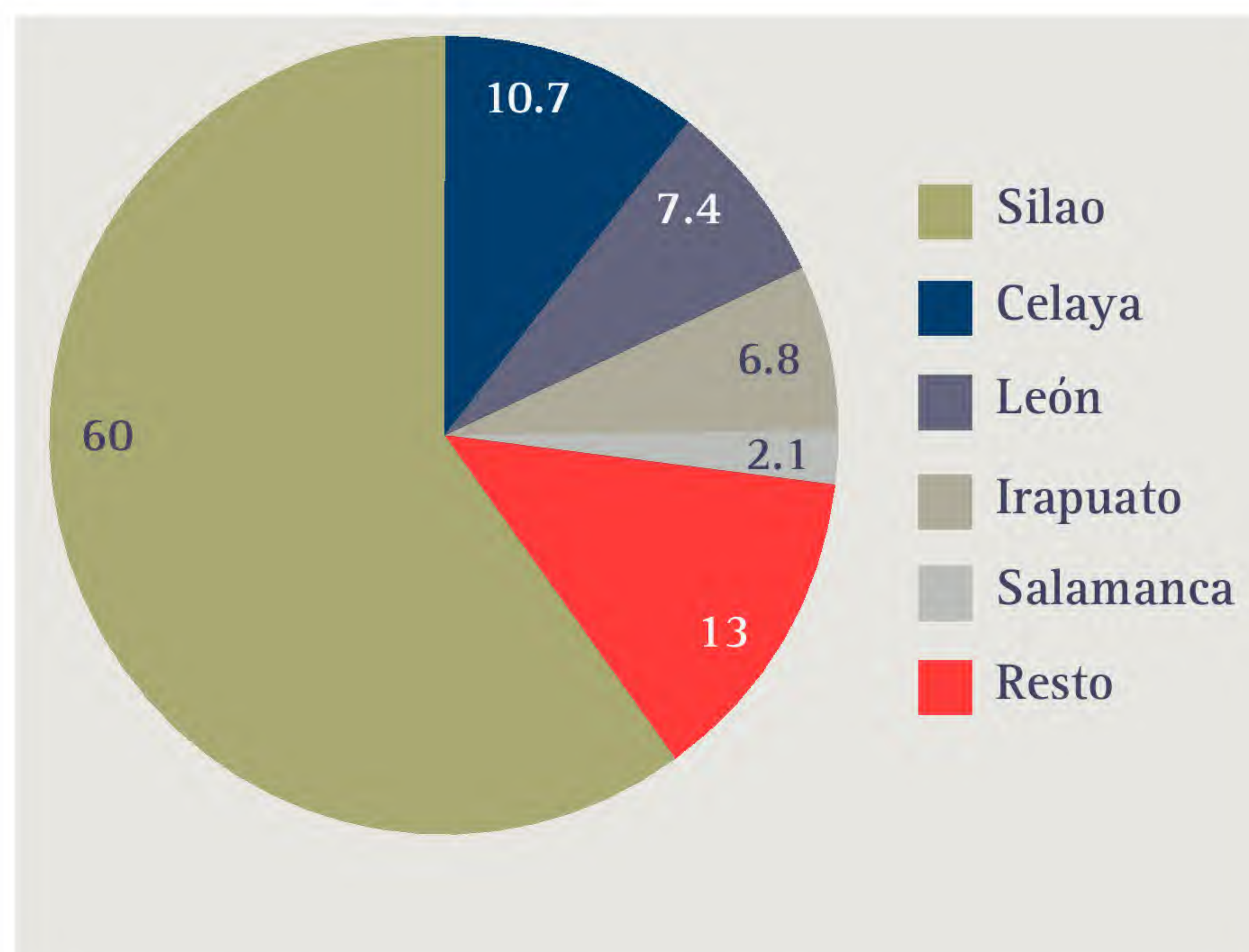


Figura 9. Origen municipal de las exportaciones del estado de Guanajuato para el año 2009 (porcentajes). Cinco municipios contribuyen con 87% de las exportaciones del estado. Fuente: Elaboración propia con base en información de la SDES, 2010.

La importancia que mantiene la superficie agrícola en el estado responde, primeramente, al peso que siguen ocupando especialmente ciertos cultivos de granos y leguminosas, así como algunas de sus hortalizas en el mercado nacional y externo[8] (figura 11 y cuadro 1).

En segundo lugar, a que actualmente se trata de un sector que, a pesar de generar una baja aportación de valor para la economía, se mantiene muy ligado a la industria estatal de alimentos, formando parte de una de las más importantes cadenas productivas del estado, ya que, de acuer-

[8]Se trata de cultivos producidos competitivamente, con capacidad competitiva en el mercado externo: en general, con tasas de crecimiento medio anual positivas de exportación hacia Estados Unidos entre los años 2000 y 2006 (Sagarpa, 2009).

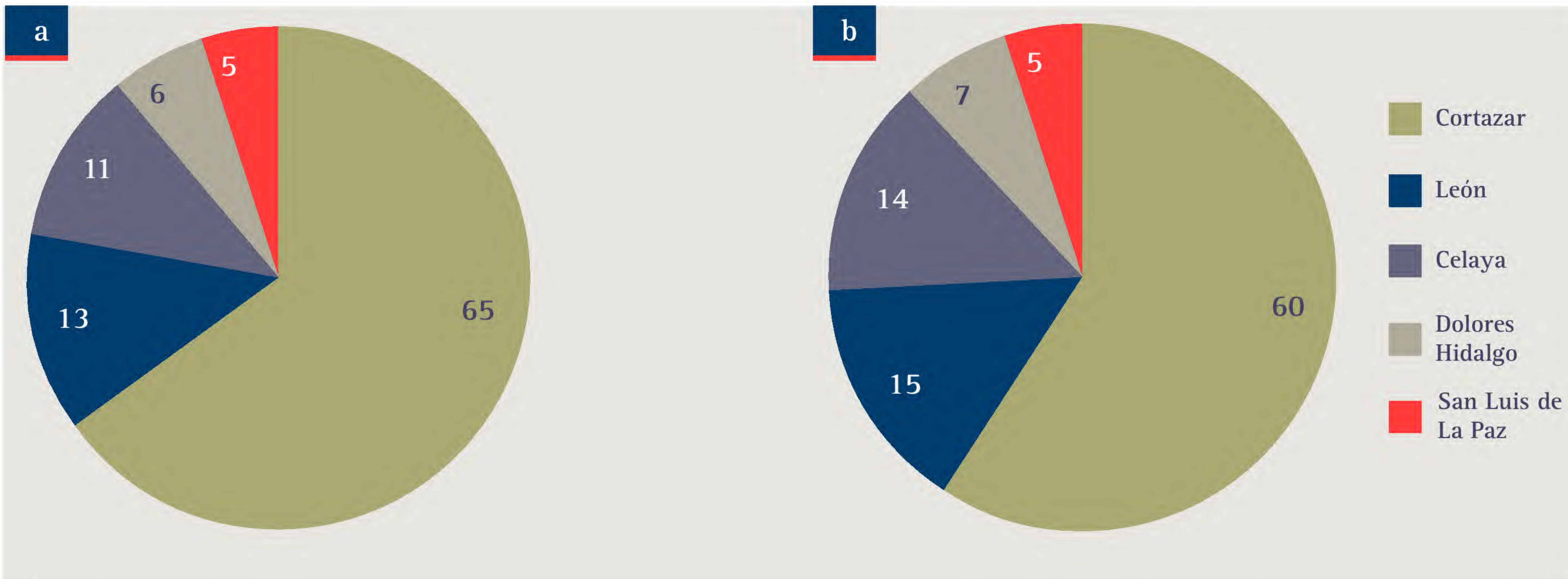


Figura 10. Producción agrícola de riego de Guanajuato por Distrito de Desarrollo Rural, 2008 (porcentajes). a) superficie sembrada, b) valor de la producción. Fuente: Elaboración propia con base en información del siap de Sagarpa (2011).

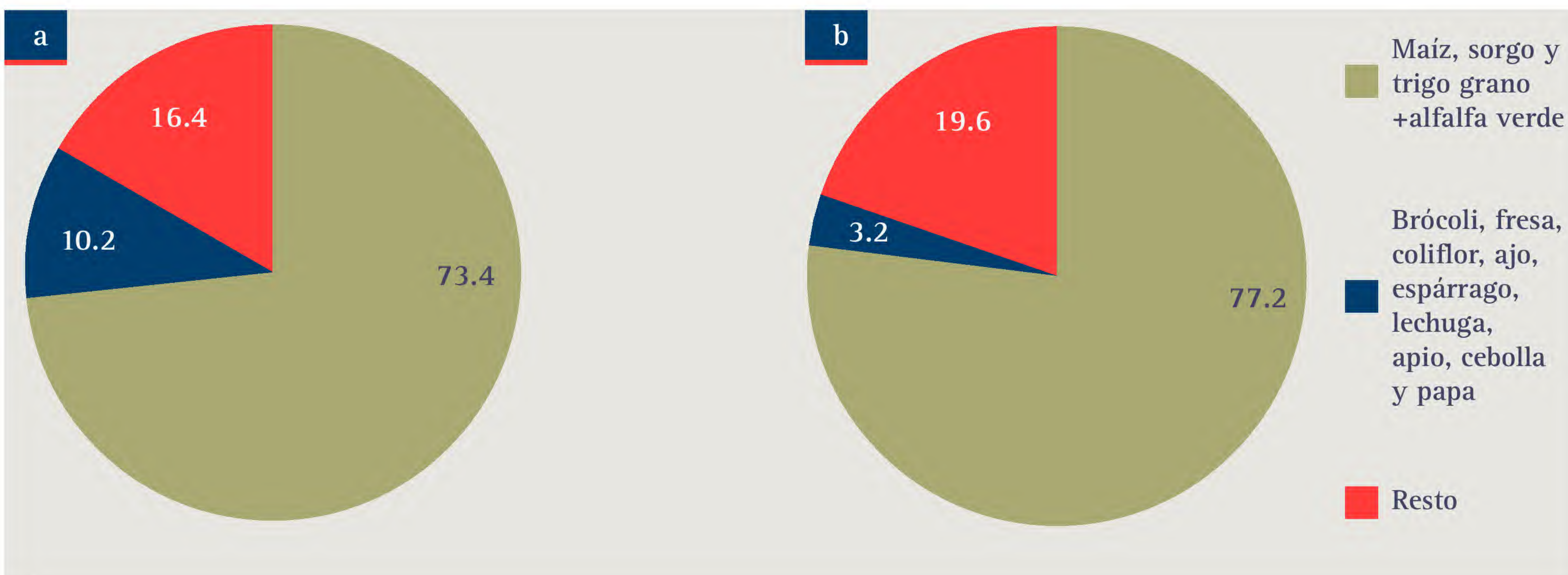


Figura 11. Principales cultivos de Guanajuato (2008). a) Composición del valor de la producción agrícola; b) Distribución de la superficie sembrada. Fuente: Elaboración propia con base en información del SIAP, 2011.

do con la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable de Guanajuato (SDES) esta industria genera 14.5% del valor de la producción del estado y 7% de sus exportaciones. Además, a nivel estatal, las actividades del sector primario proporcionan en la actualidad ocupación a cerca de 10% de la población de la entidad (figura 12).

Por su parte, en el ámbito de la producción pecuaria, Guanajuato destacó en 2008 como productor de carne en canal de ganado porcino y leche de cabra (ocupando el tercer lugar nacional), así como por su producción de leche de vaca y huevo para plato (quinto lugar nacional en ambos casos) y el séptimo lugar nacional como productor de carne en canal de ave (Sagarpa, 2011).

Finalmente, cabe mencionar en esta sección que Guanajuato concentra 4.5% de la Población Ocupada (PO)[9] del país, siendo el ingreso prome-

[9]Personas de 14 o más años de edad que durante la semana de referencia realizaron algún tipo de actividad económica, estando en cualquiera de las siguientes situaciones: trabajando por lo menos una hora o un día para producir bienes y servicios de manera independiente o subordinada, con o sin remuneración. Ausente temporalmente de su trabajo sin interrumpir su vínculo laboral con la unidad económica (vacaciones, permiso, enfermedad, etcétera). Inegi, *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, www.inegi.gob.mx.*

Cuadro 1. Aportación de los principales productos agícolas de Guanajuato a las economías estatal y nacional, 2008.

Cultivo/características	Contexto nacional		Contexto estatal		Número de estados productores
	Lugar que ocupó por el valor que generó	Lugar que ocupó por superficie sembrada	Lugar que ocupó por el valor que aportó	Lugar que ocupó por superficie sembrada	
Cultivos de mayor volumen e importancia económica en el estado	Equivalentes al 75% del valor de la producción agrícola del estado y al 77% de la superficie sembrada del estado				
Sorgo grano	2	3	2	2	30
Trigo grano	2	2	3	3	23
Maíz grano	8	10	1	1	31
Alfalfa verde	13	2	4	5	26
Cultivos con mayor competitividad a nivel nacional	Equivalentes al 10.4% del valor de la producción agrícola del estado y al 3.2% de la superficie sembrada del estado				
Fresa	1	1	14	24	5
Brócoli	1	1	6	8	19
Coliflor	1	1	22	26	20
Ajo	2	2	19	25	19
Espárrago	3	2	10	18	5
Lechuga	3	2	16	17	22
Apio	5	5	42	43	8
Cebolla	6	2	8	10	24
Papa	8	8	9	19	23

Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por el SIAP, 2011.

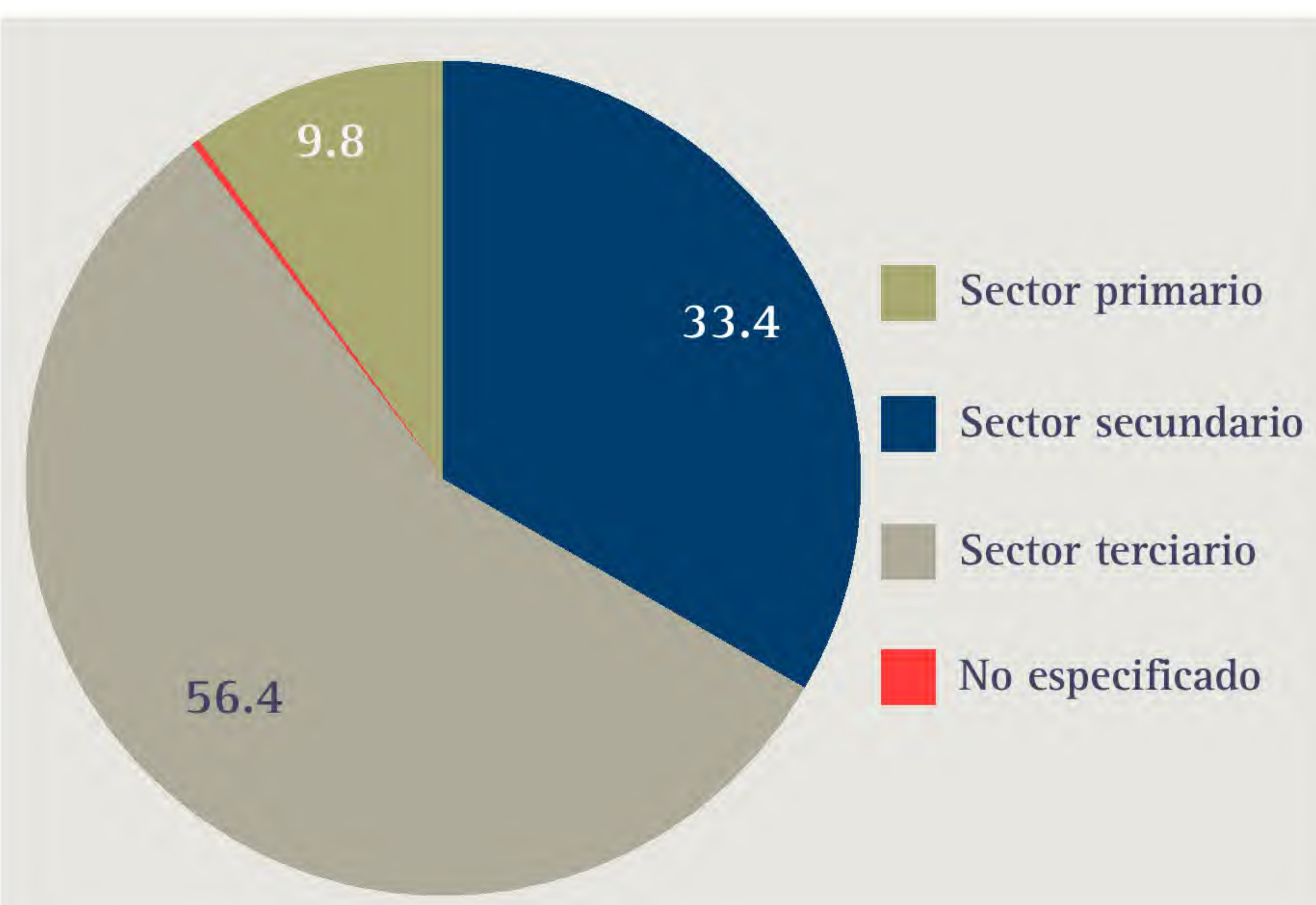


Figura 12. Composición en porcentaje de la Población Ocupada de Guanajuato para el año 2008. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2008.

dio de 2.38 salarios mínimos: 55.7% del total de su población forma parte de la Población Económicamente Activa (PEA),[10] de la cual durante abril y junio del año 2009 se reportó desocupada 5%.[11]

La evolución de la economía de Guanajuato en el contexto regional

Las características económicas de la mesorregión

Una de las principales ventajas económicas del estado de Guanajuato radica en su ubicación geográfica regional, la cual le permite formar parte del circuito territorial de 400 km que articula a la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, en el que se concentra 60% de la población del país, 80% del mercado mexicano, 70% del comercio internacional y 70% de la industria automotriz mexicana (ProMéxico, 2010). A esas ventajas se suman, asimismo, las que le ofrece su

[10]Correspondiente a la población de 14 años y más ocupada, más la que busca empleo. Personas de 14 o más años de edad que durante el periodo de referencia (levantamiento de información) tuvieron o realizaron una actividad económica (población ocupada) o buscaron activamente hacerlo (población desocupada abierta), siempre y cuando hayan estado dispuestos a trabajar en la semana de referencia del levantamiento. Inegi, *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.*

[11]La tasa de desempleo de la población ubicada entre los 14 y los 24 años durante ese mismo periodo fue de 8.2%.

localización en relación con la Cuenca Lerma-Chapala (Cotler-Ávalos, 2011).

En este contexto, si bien la economía del estado de Guanajuato mantiene, en principio, una permanente e inmediata interacción con la economía de los estados vecinos de Jalisco al poniente, Querétaro al oriente, Michoacán al sur y los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, al norte, su dinamismo regional trasciende la colindancia inmediata con estos estados, articulándole de manera muy activa con la lógica de desarrollo de la mesorregión Centro-Occidente[12] (figura 13).

Esta mesorregión comprende nueve entidades del país: el equivalente a 29% del total y abarca una superficie de 18.2% del territorio nacional, en la que, de acuerdo con cifras de 2005 se concentró 22.8% de la población del país (23.5 millones de personas) y se produjo prácticamente la quinta parte del PIB nacional de ese mismo año (figura 14).

Gracias a su ubicación geográfica, Guanajuato cuenta igualmente con oportunidades de conectividad difícilmente comparables con respecto a las de otras regiones del país, ya que a través de ella se articulan importantes circuitos de comercio internacional por vía portuaria, especialmente con Asia (a través de Lázaro Cárdenas y Manzanillo) y carreteros con Estados Unidos (particularmente, a través de la Carretera federal número 45), vinculándose, asimismo, a varios de los corredores de actividad económica más importantes en el desarrollo nacional, de los que la economía de Guanajuato es igualmente beneficiaria.

Importancia económica y dinamismo reciente de la mesorregión Centro-Occidente en el país

La economía de la mesorregión Centro-Occidente representa cerca de una quinta parte de la economía nacional desde principios de la década de 1990. Aunque en términos absolutos su aportación al PIB nacional no ha registrado mayor cambio entre los años de 1990 y 2008, esta mesorregión ha logrado conservar a lo largo de este lapso prácticamente su mismo peso relativo en relación con la conformación de la producción nacional (figura 15).

Ello resulta importante si se considera la serie de inflexiones interregionales registradas en

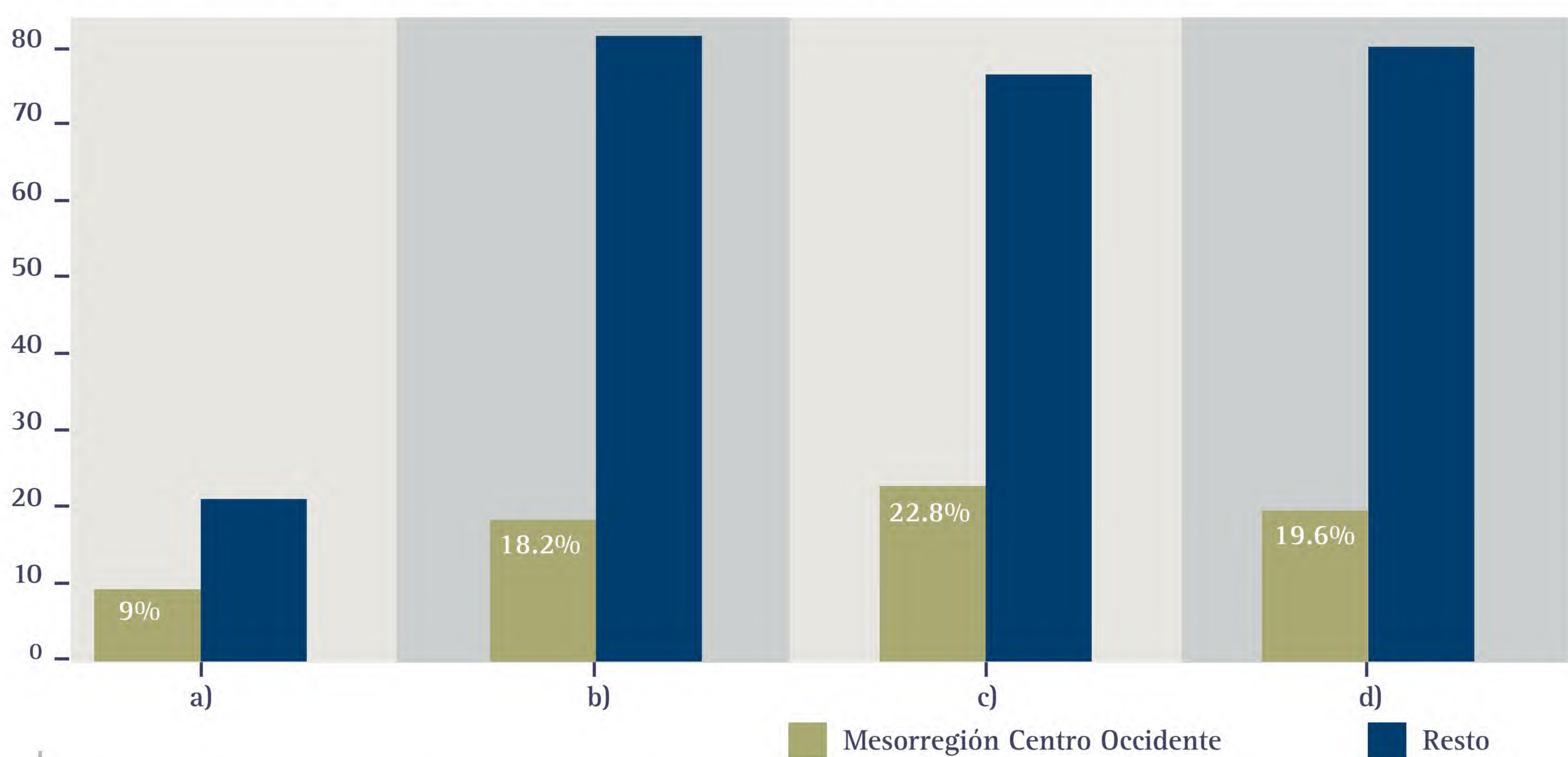


Figura 14. Porcentaje de la participación de la mesorregión Centro-Occidente en el territorio, población y PIB nacional para el año 2005. a) entidades, b) territorio, c) población, d) PIB. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2010*c*.

[12]De acuerdo con ello, desde 2001 Guanajuato forma parte del Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente (Fiderco, 2011), constituido, además, por los estados de Aguascalientes, Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.

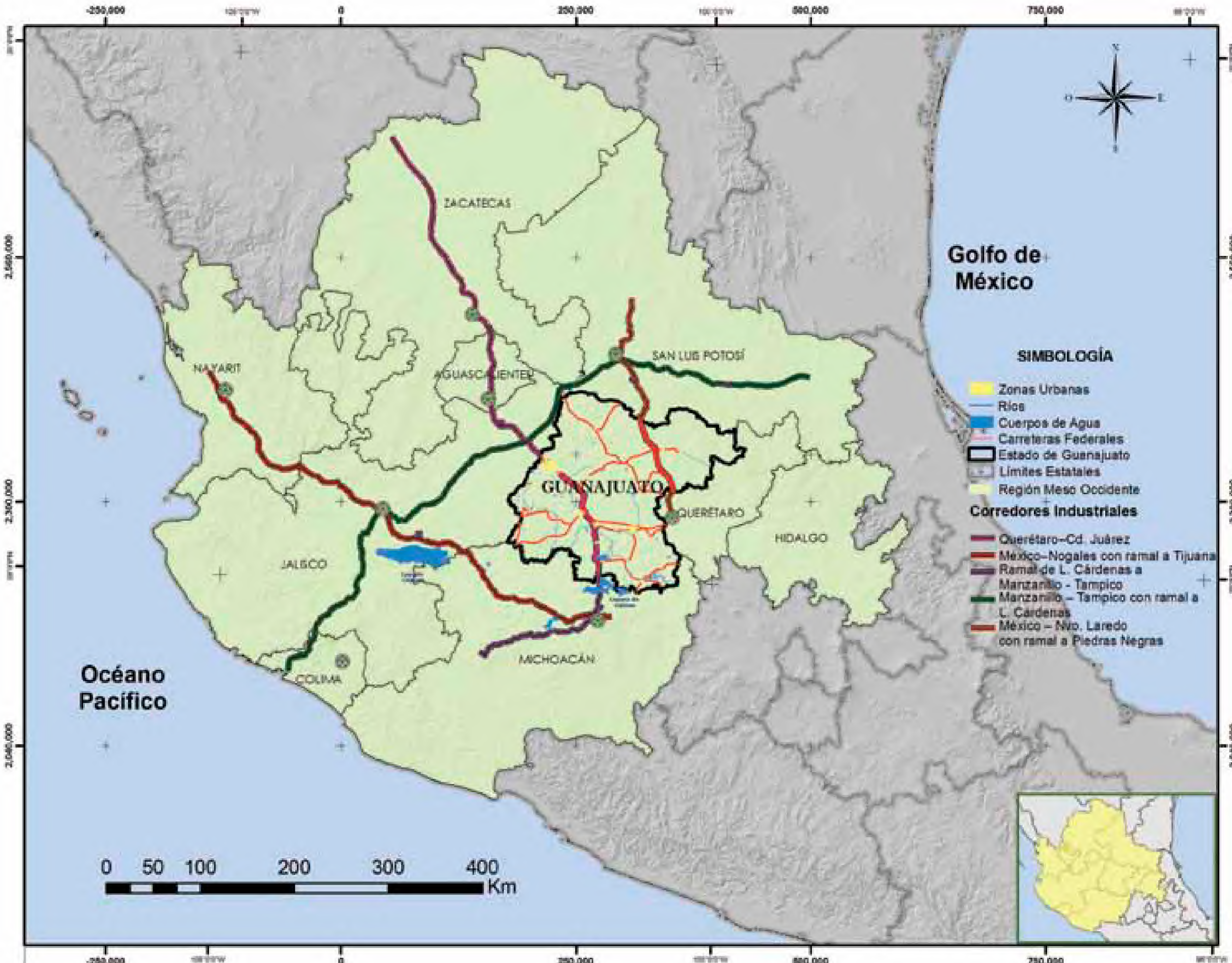


Figura 13. Mesorregión Centro-Occidente. Fuente: IEE, 2008*a*.

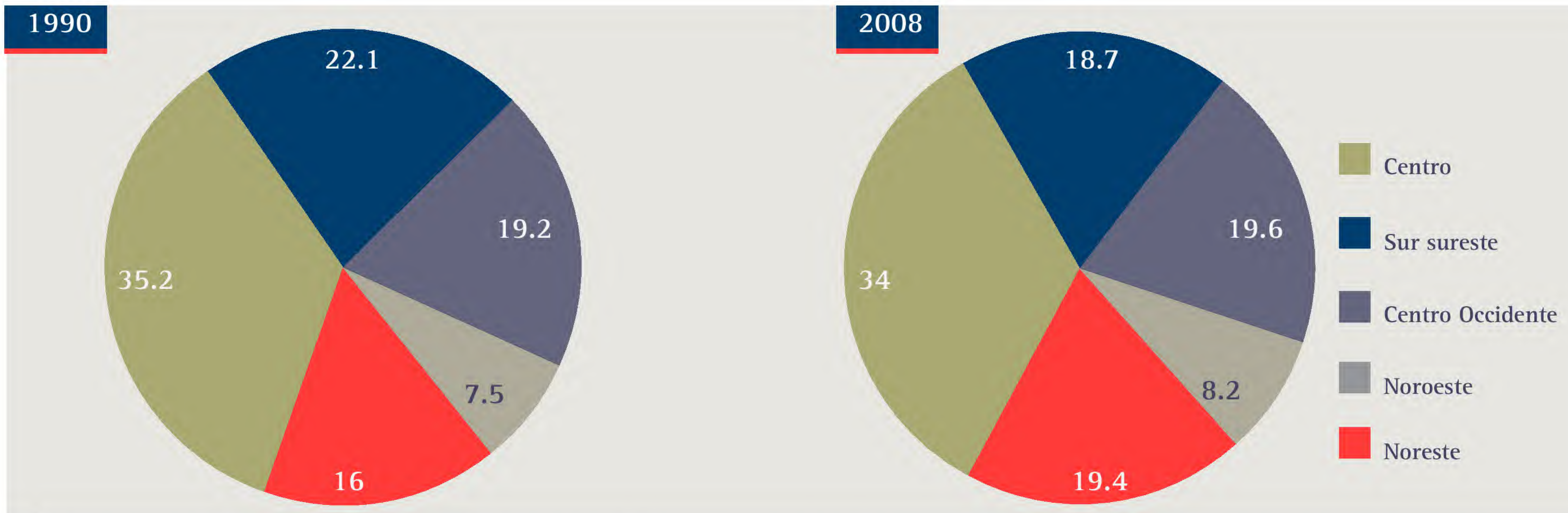


Figura 15. Porcentaje de la contribución de la mesorregión Centro-Occidente en el PIB nacional entre los años 1990 y 2008. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2010c.

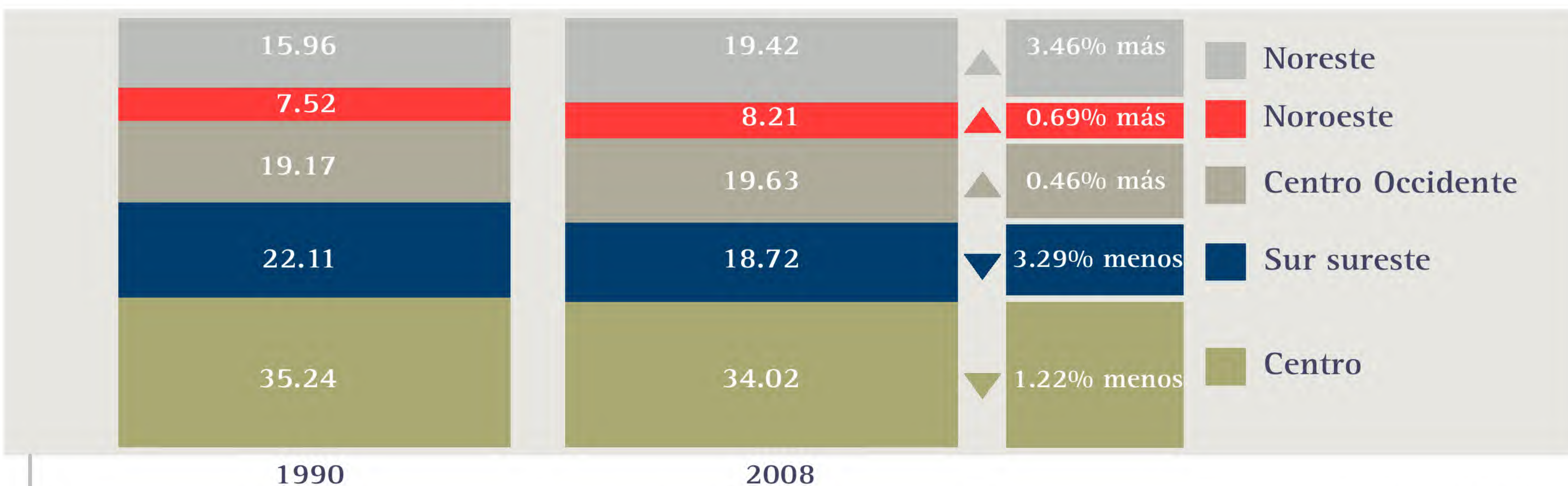


Figura 16. Evolución de la contribución de las mesorregiones en el PIB nacional para los años de 1990 y 2008. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, 2010c.

el periodo: mientras mesorregiones como la Centro y la Sur-sureste han ido perdiendo participación en el PIB nacional al pasar de 35.2% a 34% (esto es, 1.2% menos) y de 22.2% a 18.7% (equivalente a 3.3% menos) respectivamente, entre los años de 1990 y 2008, otras mesorregiones como la Noreste han acelerado su dinamismo: de representar 15.9% en el año 1990, en el año 2008 ha alcanzado 19.4% (figura 16). Lo anterior se expresó en un ritmo de crecimiento regional igualmente diferenciado en el periodo, en cuyo caso la mesorregión Centro-Occidente logró una TMCA del orden de 3.3% (figura 17).

Cabe mencionar que, en ese mismo contexto y periodo, la economía del estado de Guanajuato creció a un ritmo promedio superior al de la mesorregión Centro-Occidente, y también al del PIB nacional (figura 18). Un ritmo promedio de crecimiento que además destacó con respecto al resto de las economías de la mesorregión, siendo sólo menor al registrado por los estados de Aguascalientes (de 6.24% promedio anual) y Querétaro (de 5.39%) (figura 19).

El peso de la economía de Guanajuato en la economía de la mesorregión Centro-Occidente

A pesar de que el estado de Guanajuato representa únicamente 8.6% del territorio de esta mesorregión, ha logrado un lugar significativo en su economía, al aportarle prácticamente la quinta parte del PIB: el equivalente a la segunda contribución más importante de la mesorregión Occidente después de la de Jalisco (figura 20).[13]

Además, esta contribución representa la cuarta parte del PIB manufacturero del país[14] y un

[13] De hecho, en el año 2008, 66.1% del PIB de la mesorregión fue aportado tan sólo por tres estados: Jalisco, Guanajuato y Michoacán.
[14] Una participación que a principios de los años 90, se situaba en torno al 18%. Programa de Desarrollo Económico de la Región Centro Occidente, p.45.

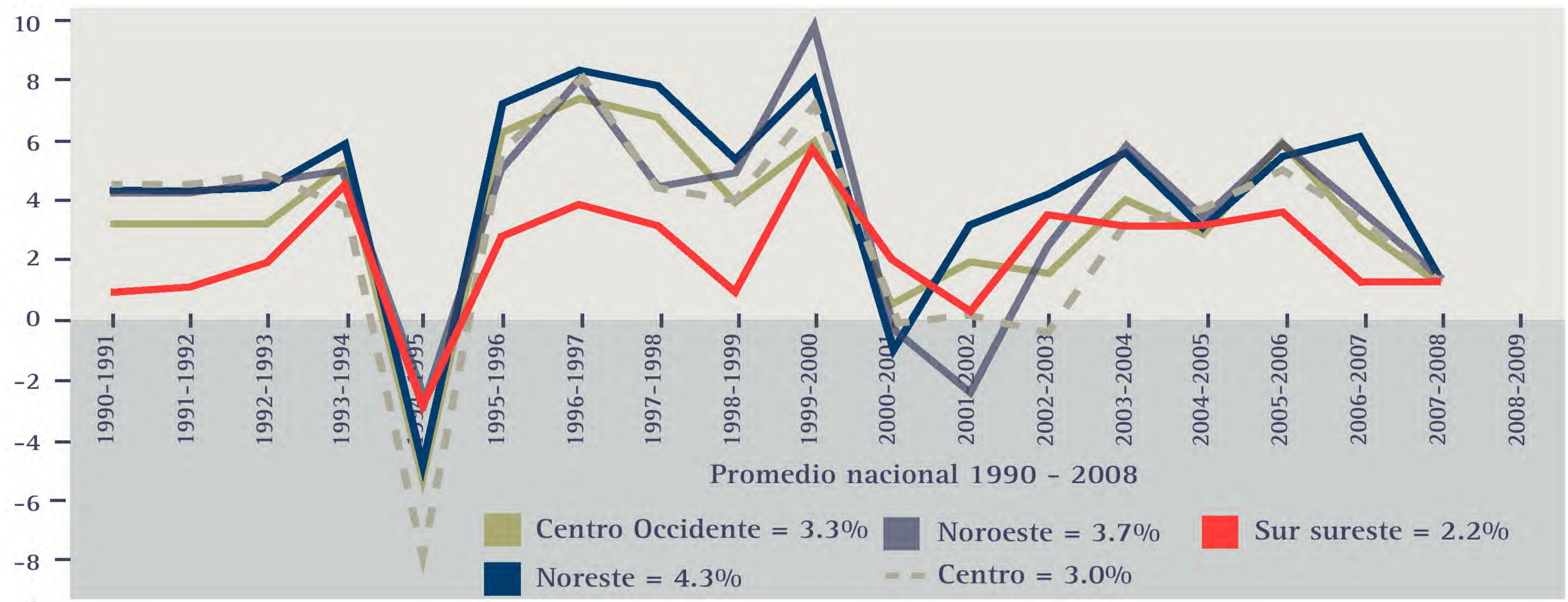


Figura 17. Evolución del ritmo de crecimiento del PIB de las mesorregiones para el periodo 1990-2008 (TMCA-porcentajes). Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema Nacional de Cuentas Nacionales, 2010*c*.

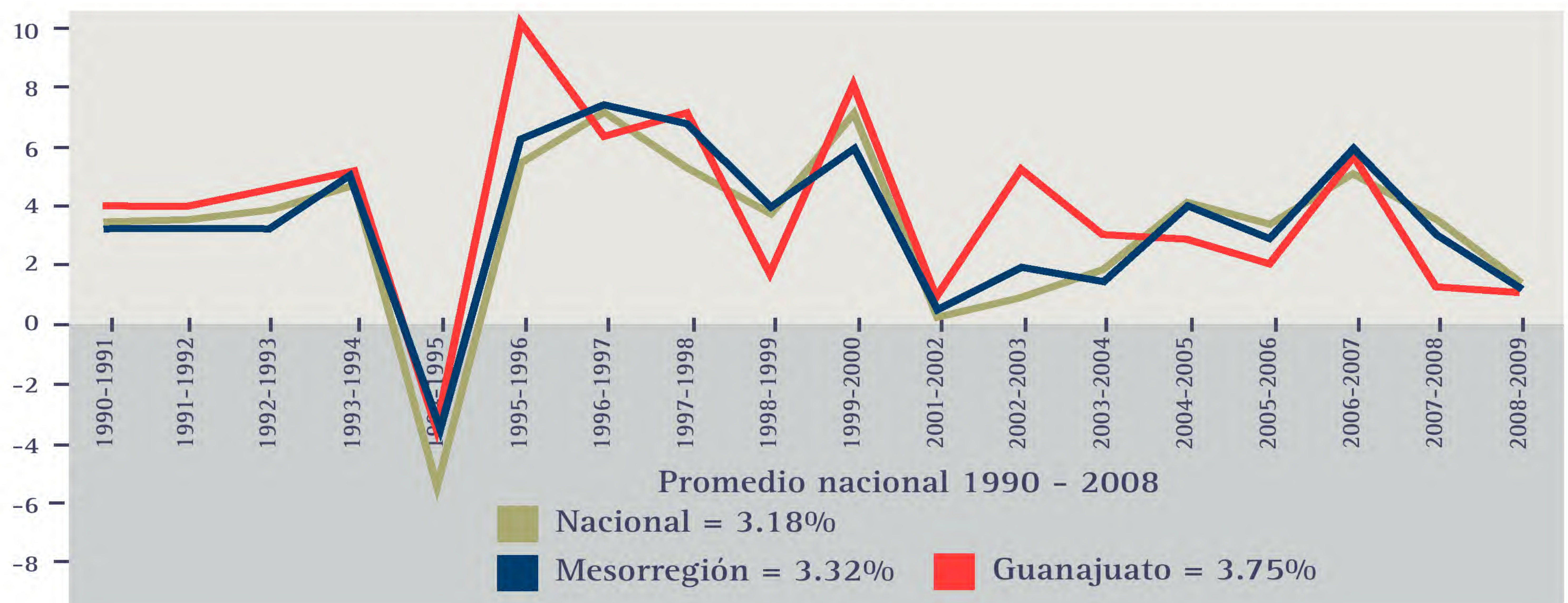


Figura 18. Evolución comparada de las tasas de crecimiento promedio anual del PIB nacional, la mesorregión y el estado de Guanajuato para el periodo 1990-2009. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema Nacional de Cuentas Nacionales, 2010*c*.

poco más de ella en el caso del PIB de la construcción de la mesorregión (equivalentes cada una a más del 5% del PIB manufacturero y de la construcción del país), así como importantes aportaciones desde otras grandes divisiones económicas, como la electricidad, el gas y el agua (20.4% del PIB de la mesorregión), servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler (19.6%) y transporte, almacenaje y comunicaciones (19.1%) (figura 21).

Por su parte, si bien la mesorregión ha mantenido un peso relativo muy importante en la formación del PIB nacional generado en las actividades del sector primario (la agricultura, silvicultura y pesca aportaron en 2005 alrededor de 30% del PIB nacional del sector (figura 22), y el estado de Guanajuato dedica el mayor número de unidades productivas a este tipo de actividades en dicha mesorregión), su participación específica en el PIB generado en estas actividades ha venido disminuyendo progresivamente desde principios de la década de 1990, ya que pasó de 16.6%, en 1993, a 13.8% en 2005 en la mesorregión entre los años 2000 y 2005) (figura 23).

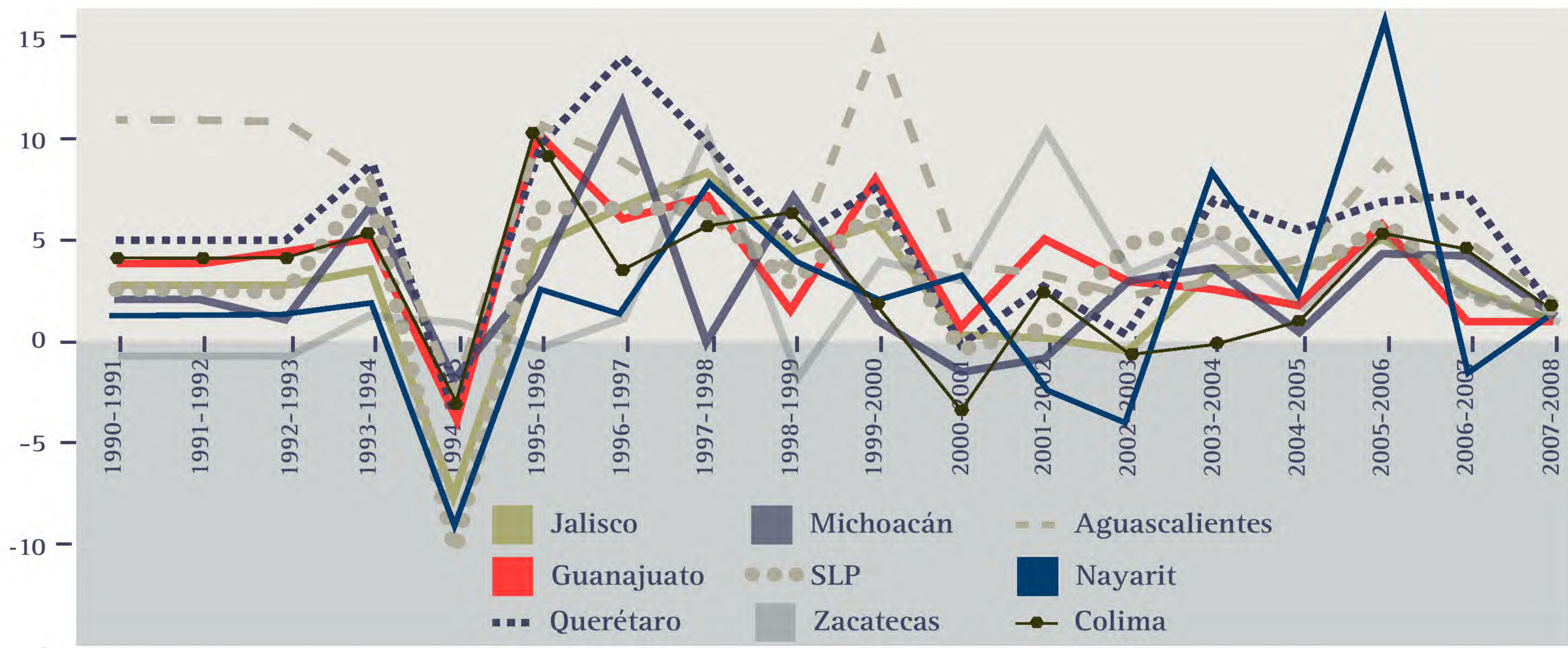


Figura 19. Evolución en porcentaje de las tasas de crecimiento anual del PIB por estados de la mesorregión Centro-Occidente calculada para el periodo 1990-2008. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema de Cuentas Nacionales, 2010*c*.

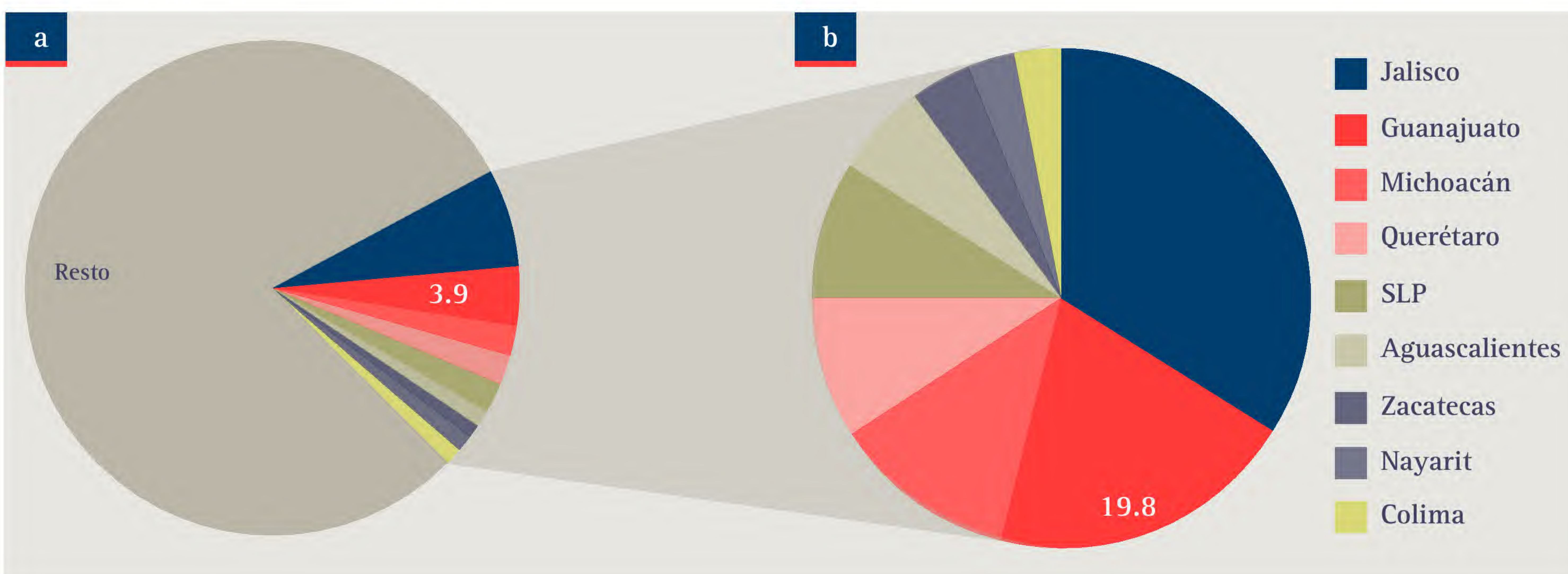


Figura 20. Contribución de PIB de Guanajuato en el PIB nacional y de la mesoregión 2005. a) Porcentaje de la contribución del PIB de Guanajuato en el PIB Nacional, 2005. b) Composición estatal del PIB de la mesorregión Centro occidente, 2005. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema Nacional de Cuentas Nacionales, 2010*c*.

Balance

El modelo de crecimiento y sus resultados económicos y sociales

La reorganización interna de la economía guanajuatense registrada a lo largo de las últimas décadas, sumada a su larga e intensa dinámica de crecimiento, han dado lugar a implicaciones adversas para el desarrollo actual en la entidad, así como para su futura viabilidad.

Resulta sustantivo en el balance de este proceso traer a colación la creciente brecha que se observa entre la capacidad de respuesta, tanto de los sectores de punta de la economía de exportación como de los tradicionales, ante los complejos requerimientos que plantea el día de hoy la sustentabilidad en el estado y su entorno regional, una disociación que se ha traducido, a la vez, en la agudización de importantes sesgos sociales y ambientales acumulados en el pasado.

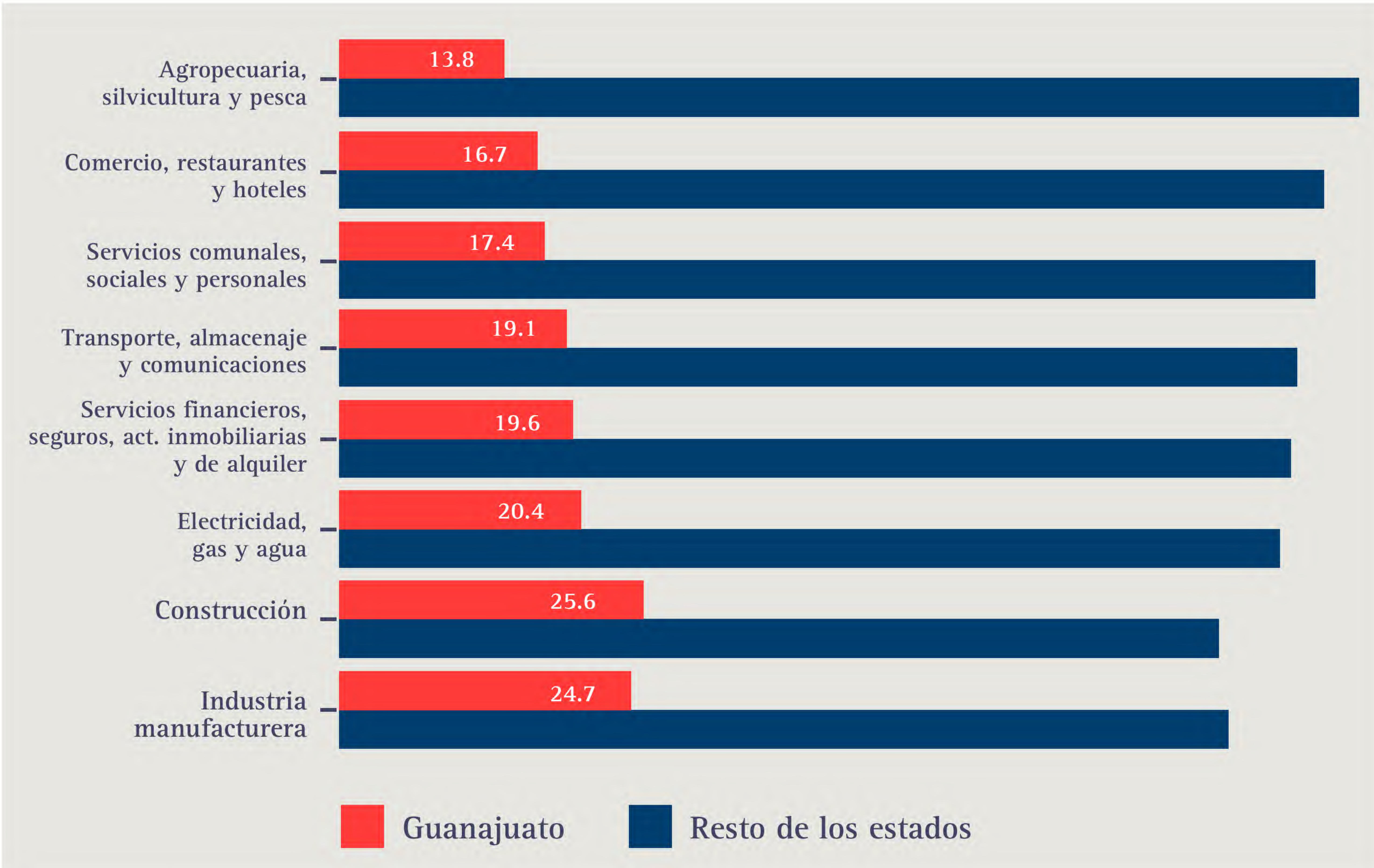


Figura 21. Contribución de Guanajuato al PIB mesorregional Centro-Occidente por Gran División Económica calculada para el año 2005 (porcentajes). Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema Nacional de Cuentas Nacionales, 2010c.

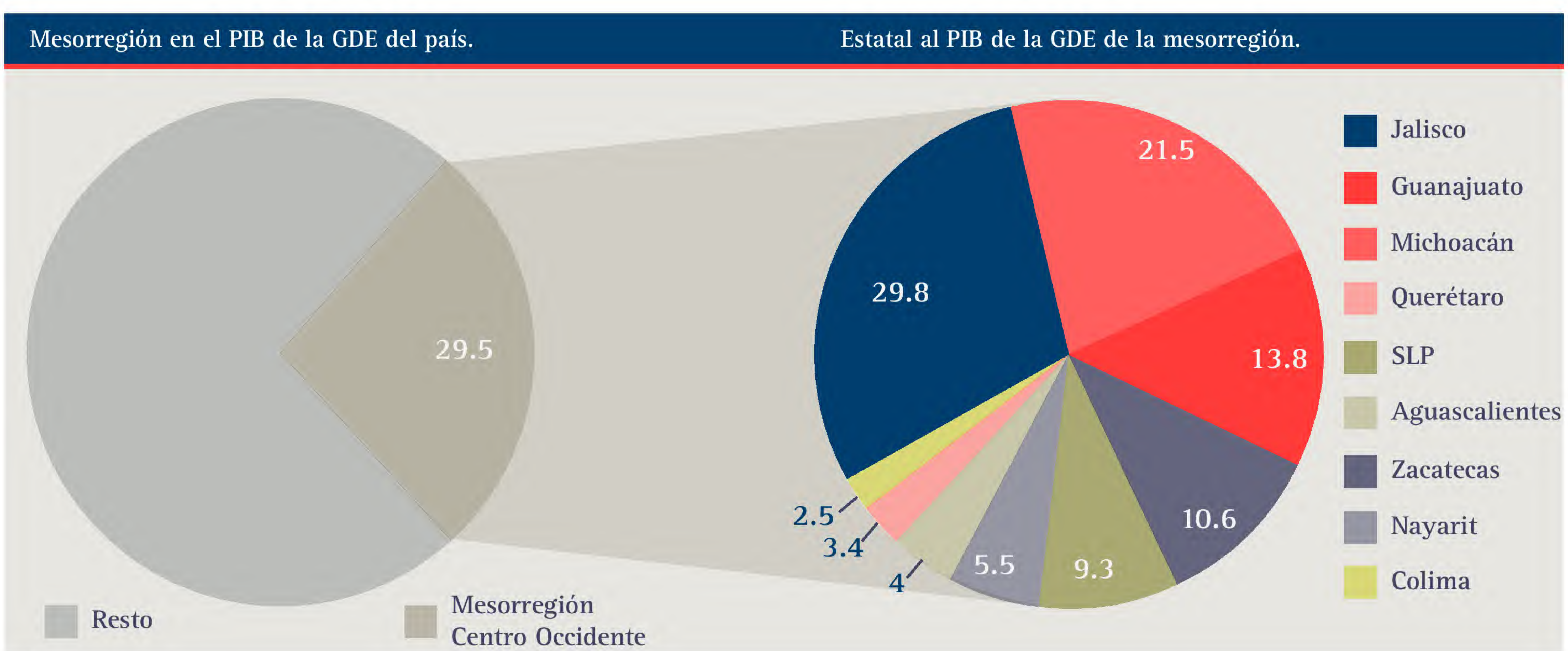


Figura 22. Contribución a la formación del PIB de la Gran División Económica (GDE), Agricultura, Silvicultura y Pesca (porcentajes). a) Contribución de la mesorregión en el PIB de la GDE del país. b) Contribución estatal al PIB de la GDE de la mesorregión. Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema Nacional de Cuentas Nacionales, 2010c.

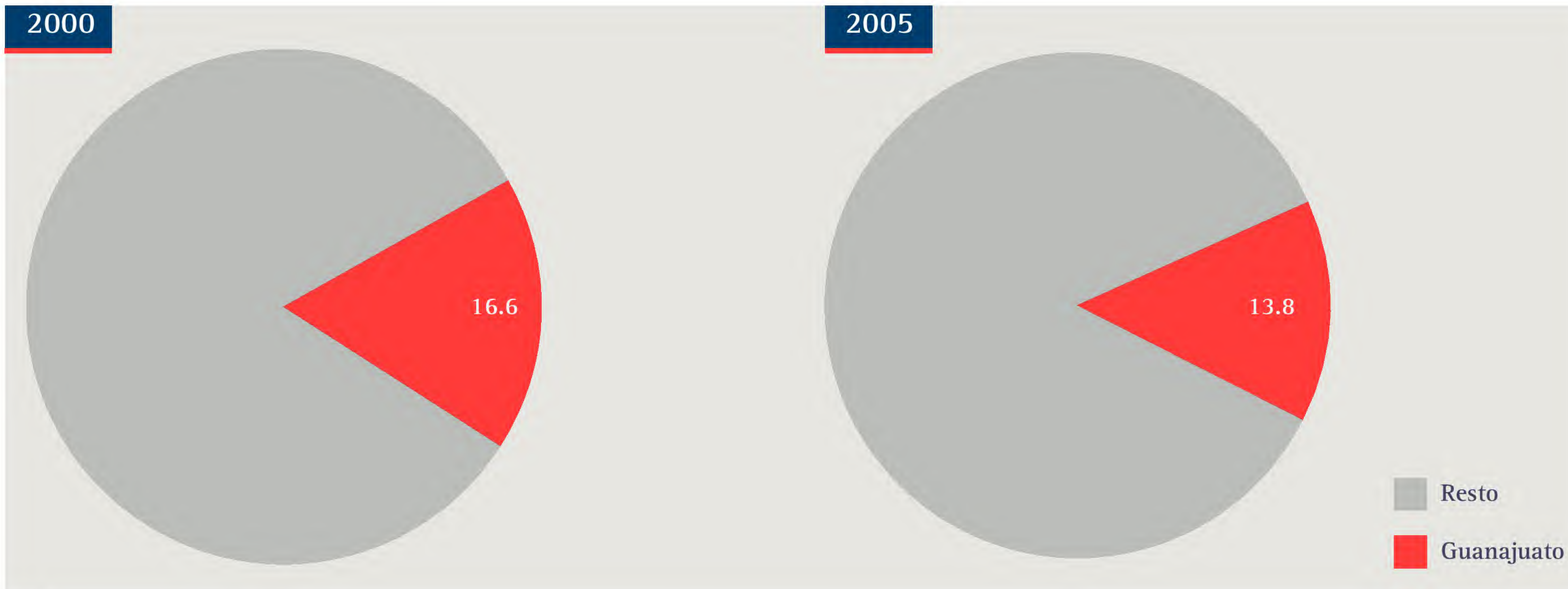


Figura 23. Evolución de la contribución de Guanajuato a la formación del PIB mesorregional de la Gran División Económica de Agricultura, Silvicultura y Pesca, 2000 y 2005 (porcentajes). Fuente: Elaboración propia con base en información de Inegi, Sistema Nacional de Cuentas Nacionales, 2010*c*.

Por una parte, la transición del estado de Guanajuato hacia una economía crecientemente determinada por la evolución de los mercados internacionales no sólo parece haber profundizado los efectos económicos de la dependencia del modelo hacia la economía de Estados Unidos, sino sus implicaciones sociales y ambientales adversas para el desarrollo actual y futuro en el estado.

En términos económicos, los sectores de punta han abierto un conjunto de exigencias productivas y comerciales asociadas con factores como la velocidad y calidad de la innovación tecnológica y la relación costo-beneficio de los procesos de atracción de inversión, que empiezan a ser difíciles de solventar a nivel estatal; dificultades que, en consecuencia, sugieren la necesidad de revalorar la naturaleza de los alcances competitivos obtenidos hasta el momento, así como sus posibilidades reales de su sostenimiento en el mediano y largo plazo.

Por otra parte, el rezago en el que paralelamente han caído las actividades tradicionales en Guanajuato, específicamente el agro y la industria textil, remite a su vez a evaluar los resultados de la tendencia a la agravación de las debilidades competitivas, pero también distributivas preexistentes en la economía estatal y de sus implicaciones en materia de desarrollo social, así como en el resguardo del ambiente y de los recursos naturales, base de la productividad y la competitividad del territorio.

Diferentes indicadores sobre la competitividad promedio de la economía estatal de los últimos años, junto con los de calidad de vida, desarrollo humano, marginalidad y deterioro ambiental de esta trayectoria así lo manifiestan.

En esa dirección, el Informe del IMCO correspondiente a 2008, publica que la economía de Guanajuato perdió en 2008 tres lugares con respecto al Índice de Competitividad alcanzado en el Informe de 2006 al pasar del escaño 12 al 16 en relación con el resto de las entidades federativas del país.[15]

Este mismo estudio plantea específicamente que, entre los factores identificados detrás de la pérdida de potencialidad económica en el estado, se encuentran, además de los relacionados con la inversión extranjera,[16] los rezagos distributivos y ambientales asociados con la modalidad del modelo económico, lo que ubica a Guanajuato en la posición 25 de 31, y 21% inferior a la media nacional en su indicador “Sociedad incluyente, preparada y sana” y el lugar 15 de 31 en relación con el indicador sobre el manejo sustentable del medio ambiente.[17]

[15]Atribuido a factores como la pérdida de inversión extranjera, neta, grandes empresas y de clase mundial (Imco, 2011). *http://imco.org.mx/imco/recursos/webestados/capitulos/gto.html*.

[16]De acuerdo con estimaciones de la Comisión Nacional de Inversión Extranjera de la Secretaría de Economía, realizadas en conjunto con el Banco de México, Guanajuato disminuyó 30% entre 2007 y 2008.

[17]*http://imco.org.mx/imco/recursos/webestados/capitulos/gto.html*.

De hecho, al revisar la evolución reciente de algunos indicadores clave sobre los niveles de bienestar social y la equidad de oportunidades para el desarrollo en el estado confirman lo arriba expuesto.

No obstante que el estado de Guanajuato mejoró su Grado de Marginación Medio en 2005,[18] tras haber sido ubicado en el año 2000 con un Grado de Marginación Alto (Conapo, 2006), la evolución reciente de indicadores como el PIB por habitante y el Índice de Desarrollo Humano (IDH), entre otros, permiten reconocer un proceso de relativo estancamiento.

Aunque en términos reales, el PIB por habitante del estado de Guanajuato se ha incrementado de manera significativa con los años (59% entre 1990 y 2008), su monto promedio anual se ha mantenido por abajo del PIB por habitante promedio, tanto del promedio de la mesorregión como del promedio del país desde la década de 1990 (figura 24).

A su vez, en el contexto regional, el PIB por habitante de la mesorregión Centro-Occidente ha tendido a ser el más bajo de las cinco mesorregiones del país,[19] a pesar de su incremento absoluto en el periodo (del orden de 48% entre 1990 y 2008) (figura 25).

Cabe mencionar, asimismo, que mientras que el valor del Índice de Desarrollo Humano de Guanajuato (IDH) en el año 2000 se ubicó en el nivel Medio Alto, hacia el año 2004, ese índice se mantenía en el mismo lugar 24 a nivel nacional.[20]

El modelo y sus implicaciones ambientales

El modelo de desarrollo impulsado a lo largo de las últimas décadas en Guanajuato ha exacerbado también el ritmo de deterioro ambiental iniciado en la década de 1940 con el proceso de industrialización del estado.

Al ser Guanajuato el estado con mayor superficie territorial sobre la cuenca del río Lerma, y en general, en la cuenca Lerma-Chapala,[21] las ventajas naturales le brindaron condiciones de excepción para posicionarse durante un gran periodo de la vida nacional como uno de los corredores industriales/agroindustriales más sólidos del país, condiciones que, sin embargo, presentan en la actualidad una afectación sustantiva.

Durante décadas, la disponibilidad de esos amplios acervos naturales y ambientales en la cuenca permitió, asimismo, desestimar la importancia de internalizar los costos ambientales de la economía, sin embargo, el día de hoy Guanajuato se enfrenta en general a capacidades ecosistémicas significativamente disminuidas.

En la actualidad, esta cuenca es considerada como una de las más gravemente contaminadas[22] y una de las más minadas del país en su equilibrio hídrico,[23] sin mencionar los serios problemas existentes en relación con la degradación y la contaminación de sus suelos,[24] la pérdida y fragmentación de sus bosques y biodiversidad[25] y el nivel de deterioro de la calidad del aire generado por la industria y la intensificación de los flujos de transporte en los corredores de la región asociados con los mercados de exportación, así como el tipo y ritmo de densificación urbana registrada, particularmente en el corredor del Bajío.

Se trata de un proceso de deterioro en el que el desgaste competitivo del modelo de crecimiento económico y sus implicaciones, tanto productivas como distributivas, han llevado progresivamente a

[18]De acuerdo con ello, en 2005 22% de sus municipios –en los que se ubicaba a 6% de la población–, fueron clasificados con Grado de Marginación Alto y 43% (20 municipios más), en el que habitaba 27% de la población, con un Grado de Marginación Medio. Conapo, Índices de Marginación 2005, anexo A.

[19]Ubicado en torno a los 68 000 pesos por habitante a precios constantes de 2003.

[20]Alcanzando un índice de 0.7782 (PNUD, 2007).

[21]"La porción guanajuatense de la cuenca representa 43.75% de la superficie total", Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, *Informe Ambiental del Estado de Guanajuato 2008*.

[22]Ávila Palafox (2000) señala que la cuenca del Lerma, junto a la de los ríos Balsas y Pánuco, reciben aproximadamente la mitad de las descargas de aguas residuales producidas en el país. Refiere, asimismo, que entre los acuíferos más contaminados del país por filtración de lixiviados de productos de origen agroquímico e industrial están los de la región del Bajío.

[23]Guanajuato presenta una sobreexplotación de sus acuíferos documentada de hace más de 15 años. "El 60% de las aguas superficiales del estado registran contaminación grave y solo 15% tienen calidad apropiada para el uso al cual se destinan", Instituto Estatal de Ecología del Estado de Guanajuato. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato (IEE, 2008*a*). Chacón (2009). Universidad Autónoma del Estado de México, 26 de agosto de 2009 *www.bnamericas.com/news/aguasyresiduos/Acuiferos_de_cuenca_de_rio_Lerma_estan_en_condicion_critica,_segun_experto.*

[24]"El 64% de la superficie total del Estado presenta algún grado de erosión", además de índices de desertificación entre los más altos del país. Instituto Estatal de Ecología del Estado de Guanajuato, Informe Ambiental del Estado de Guanajuato (IEE, 2008*a*).

[25]La biodiversidad de sus ecosistemas se encuentra asimismo gravemente amenazada por la fragmentación y la sobreexplotación. Véase Comisión Estatal del Agua, Gobierno el Estado de Guanajuato, *Ficha Informativa de los Humedales RAMSAR* 48.

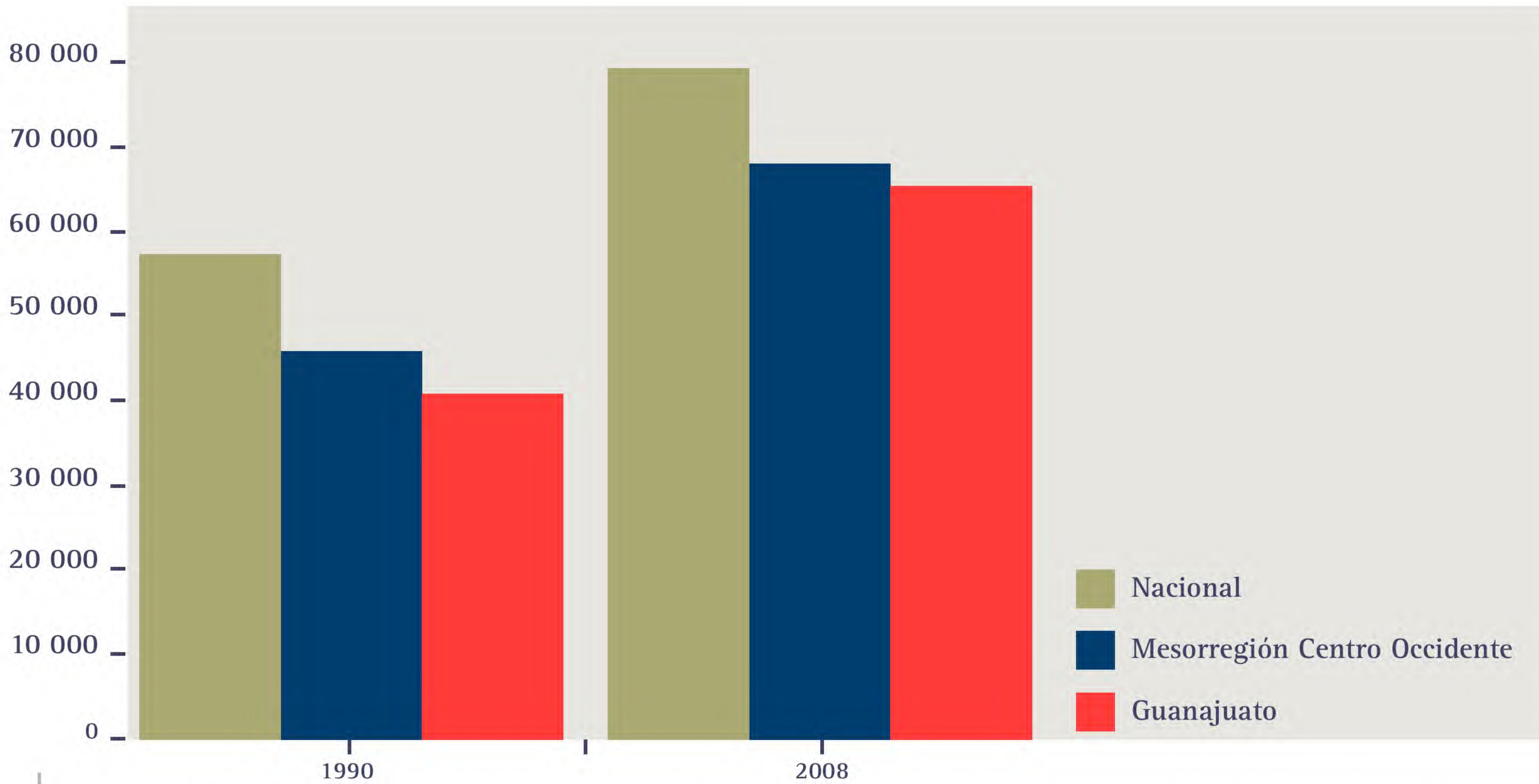


Figura 24. Evolución comparada de PIB por habitante a nivel nacional, de la mesorregión y del estado, 1990 y 2008 (pesos por persona al año). Fuente: Elaboración propia con base en información de Conapo, 2006 e Inegi, 2010c.

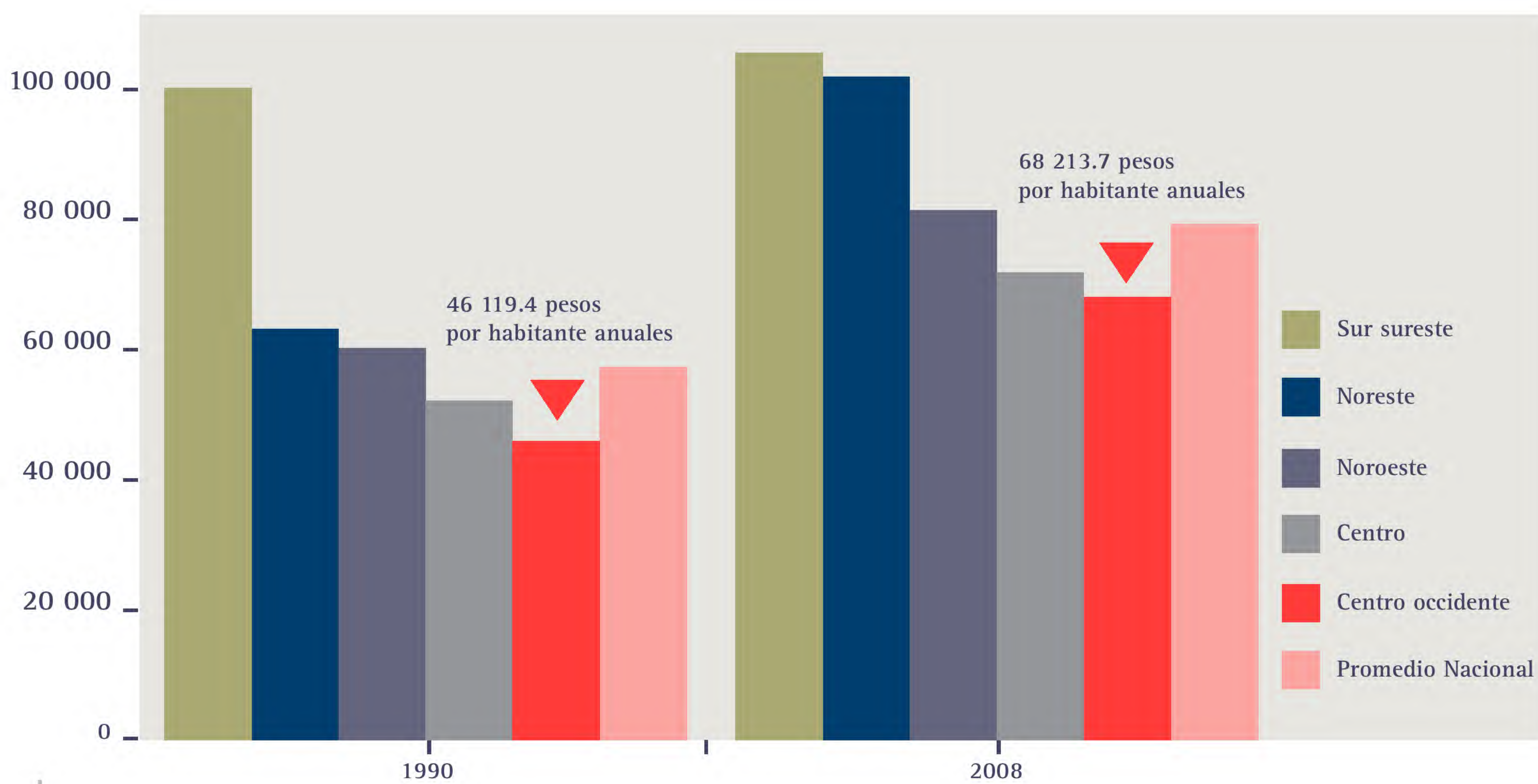


Figura 25. Evolución comparada del PIB por habitante nacional y de las mesorregiones entre 1990 y 2008 (pesos por persona al año). Fuente: Elaboración propia con base en información de Conapo, 2006 e Inegi, 2010c.

una explotación cada vez más intensiva de las tierras de riego y, en consecuencia, de los mantos acuíferos de la región,[26] a una constante ampliación de la frontera de la agricultura de temporal, a un uso generalizado y creciente de químicos agrícolas (sobrefertilización y aplicación excesiva de fungicidas y pesticidas) en busca de las productividades de otros tiempos, a la extensión del sobrepastoreo y a una profundización de la extracción minera y de los recursos de los bosques.[27]

A ello se ha sumado una relación crecientemente desfavorable entre la industria y las ciudades con el ambiente y los recursos naturales del estado, no solo por los resultados del deterioro acumulado con los años, sino por la multiplicación registrada en los usos depredatorios como respuesta ante las actuales exigencias de la competitividad económica en la industria y la falta de oportunidades adecuadas para el desarrollo humano en las áreas urbanas. Todo ello, en un contexto en el que, consecuentemente, los esfuerzos de regulación se encuentran cada vez más rebasados.

En este sentido, destacan las innumerables secuelas ambientales asociadas con las características mismas del ritmo del desarrollo urbano en el estado,[28] así como con el patrón de localización seguido por la inversión industrial.

La crítica concentración urbana y de la actividad económica del estado, fundamentalmente en torno al corredor industrial del Bajío y sus impactos sobre la capacidad de carga y resiliencia del ambiente y los recursos naturales de la zona,[29] plantean actualmente en el estado un desafío de magnitudes considerables ya reconocido entre autoridades, especialistas y pobladores.

A ello se suman las consecuencias ambientales asociadas a la gran dispersión de la población, fundamentalmente rural, que ocupa la mayor parte de los municipios del norte y sur, en donde se registran también los mayores índices de pobreza y los muy extendidos usos no sustentables del territorio por parte de sus pobladores ante la ausencia de oportunidades de desarrollo.

En términos ambientales, se trata de un escenario en el que convergen, además de mayores y más complejas exigencias competitivas para el crecimiento de la economía, un profundo deterioro de la calidad de vida y empobrecimiento de la población,[30] los desafíos inéditos de fenómenos como el cambio climático global,[31] ante cuyos retos y exigencias la capacidad institucional se enfrenta, como hemos mencionado antes, con serias limitaciones.

Hacia adelante

De acuerdo con todo lo anterior, la evolución de la economía de Guanajuato y sus implicaciones en relación con la sustentabilidad del desarrollo futuro en el estado plantean actualmente la necesidad de revisar de manera sustantiva, integral y participativa los resultados alcanzados hasta el día de hoy, así como las perspectivas de su viabilidad estructural hacia el mediano y largo plazo.

Ello supondría una revaloración a fondo del modelo económico implementado hasta el momento, a partir de una perspectiva compartida acerca del tipo de desarrollo deseado y necesario en el estado hacia delante, esto es, con base en una visión conjuntamente acordada entre la sociedad y el gobierno sobre las mejores vías para empatar los objetivos del crecimiento y la competitividad con los de la equidad, la justicia y el bienestar social, la conservación (y, en su caso,

[26]Más allá de los usos directos del agua para consumo humano, el agua resulta fundamental en esta región para la agricultura del estado, básicamente de riego, a lo que se suman ineficiencias en el uso como las que reporta el IMCO en 2006 al colocar al estado en el lugar 25 de 31 en el indicador que evalúa la relación entre producción agrícola y consumo de agua, y en el lugar 18 de 31 en productividad agropecuaria. *http://imco.org.mx/imco/home.do*

[27]"La superficie de bosques ha disminuido a 13.5% del territorio estatal". Instituto Estatal de Ecología del Estado de Guanajuato. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato, 2008. *http://ecologia.guanajuato.gob.mx/2009/archivos/file/publicaciones/informe_2008.pdf*

[28]Las ciudades del Bajío iniciaron un crecimiento sostenido desde los años 40 con tasas anuales de crecimiento superiores a 4% de 1940 a 1980. La población se duplicó en tan solo 25 años a partir de 1970.

[29]En la calidad del aire, la generación de aguas residuales y residuos sólidos e industriales, entre otros.

[30]Gobierno de Guanajuato, Instituto Estatal de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE, 2008).

[31]De acuerdo con el documento Hacia una estrategia estatal de cambio climático en Guanajuato, entre "1959 a 1998 se incrementó hasta en dos grados la temperatura mínima del mes más frío en las ciudades de Guanajuato y León, pasando de 6 a 8 grados centígrados" y para el 2025 se verán afectados en el suministro de agua en el corredor industrial, el 50% de la superficie estará afectada por la desertificación y se registrarán incrementos de dos grados en la temperatura (IEE, 2008b).

recuperación) y aprovechamiento sustentable del capital natural y, en consecuencia, la urgencia de hacerlo con los menores saldos negativos posibles para el ambiente y los recursos naturales, capital indispensable para la sostenibilidad de cualquier proyecto de futuro, además, de un territorio como el de Guanajuato que, de mucho, ha sido tan noble con los suyos.

Literatura citada

Ávila Palafox, R. 2000. "Una experiencia de cooperación: IRD-Universidad de Guadalajara", en *www.acude.udg.mx/divulga/vinci/vinci8/Interiores8-5.pdf*, última consulta 1 de agosto de 2011.

Ceag (Comisión Estatal del Agua). 2011. *Ficha Informativa de los Humedales Ramsar 48*, en *http://ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/48.pdf*, última consulta 1 de agosto de 2011.

Chacón, O. 2009. "Acuíferos de cuenca del Río Lerma están en peligro", en *www.bnamericas.com/news/aguasyresiduos/Acuiferos_de_cuenca_de_rio_Lerma_estan_en_condicion_critica,_segun_experto*, última consulta 26 de agosto de 2011.

Conapo (Consejo Nacional de Población). 2006. *Índices de Marginación 2005, Anexo A, México*, en *www.conapo.gob.mx/publicaciones/margina2005/AnexoA.pdf*, última consulta 26 de agosto de 2011.

Cotler-Ávalos, H. 2012. "La Cuenca Lerma-Chapala" en la Biodiversidad de Guanajuato: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Instututo de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), incluido en el capítulo 1 de este estudio.

Fiderco (Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente). 2011. *Programa de Desarrollo Económico de la Región Centro Occidente, en www.centroccidente.org.mx/downloads/04%20Programa-Desarrollo-Economico.pdf*, última consulta 1 de agosto de 2011.

IEE (Instituto Estatal de Ecología del Estado de Guanajuato). 2008*a*. *Informe Ambiental del Estado de Guanajuato*, en *http://ecologia.guanajuato.gob.mx/2009/archivos/file/publicaciones/informe_2008.pdf*, última consulta 1 de agosto de 2011.

———. 2008*b*. *Hacia una estrategia estatal de cambio climático en Guanajuato*, en *http://coclima.guanajuato.gob.mx/archivos/file/Cambio%20Climatico.pdf*, última consulta 26 de agosto de 2011.

Imco (Instituto Mexicano para la Competitividad, A.C). 2006. Competitividad Estatal de México en 2006, en *http://imco.org.mx/images/pdf/%C3%8Dndice%20de%20competitividad%20estatal%202006.%20Preparando%20a%20las%20entidades%20federativas%20para%20la%20competitividad.%2010%20Mejores.pdf*, última consulta 29 de octubre de 2011.

———. 2008. *Guanajuato. Realidad. Análisis* IMCO, 2008, en *http://imco.org.mx/estados2008/*, última consulta 29 de octubre de 2011.

———. 2011. Índices de competitividad estatal 2010, en *http://imco.org.mx/es/indices/*, última consulta 30 de mayo de 2011.

Inegi (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2008. *Sistema Nacional de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2003-2007*, México.

———. 2009. Perspectiva Estadística, Guanajuato, en *http://seip.guanajuato.gob.mx/index.php/biblioteca-virtual/doc_details/498-perspectiva-estadistica-guanajuato-doc2009*, última consulta 25 de octubre de 2011.

———. 2010*a*. *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 2009*, Aguascalientes, México.

———. 2010*b*. *Perspectiva Estadística, Guanajuato*, en *www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-gto.pdf*, última consulta 1 de agosto de 2011.

———. 2010c. *Sistema Nacional de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2003-2007. Año Base 2003*, en *http://www.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle.aspx?c=16877&upc=702825168858&s=est&tg=54&f=2&pf=Cue&cl=0*, última consulta 1 de agosto de 2011.

ProMéxico. 2010. Inversión y Comercio, en *http://mim.promexico.gob.mx/Documentos/PDF/mim/FE_GTO_vf.pdf*, última consulta 1 de agosto de 2011.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2007. *Informe sobre Desarrollo Humano en México, 2006-2007. Migración y desarrollo humano*. México, en *www.undp.org.mx/desarrollohumano/informes/index.html*, última consulta 1 de agosto de 2011.

Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. *Monitor Agronómico 2009 del Estado de Guanajuato*, en *www.sagarpa.gob.mx/*, última consulta 26 de agosto de 2011.

———. 2011. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP) Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), en *http://www.siap.sagarpa.gob.mx/*, última consulta 25 de octubre de 2011.

SDES (Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable). 2010. En *http://sde.guanajuato.gob.mx/*.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. En *www.siap.sagarpa.gob.mx/*, última consulta 1 de agosto de 2011.

CONTEXTO SOCIAL: PRINCIPALES RETOS PARA LA ENTIDAD

María Zorrilla Ramos

Introducción

Las contribuciones anteriores han dado un panorama de las condiciones históricas, demográficas y económicas del estado de Guanajuato. Como ya se ha mencionado, falta mucho por estudiar para presentar análisis que vinculen los retos sociales con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. Existen temas que directamente pueden estar relacionados (como es la tenencia de la tierra, los sistemas productivos o la urbanización) y temas como la salud, la educación, el rezago social, que requieren de estudios de caso e investigación más puntual. El propósito central de esta contribución es describir los principales retos del contexto social tomando como base las condiciones socioeconómicas y los retos que presenta el desarrollo regional, y señalar los posibles vínculos que esto pueda tener con la conservación de la biodiversidad.



La Pesca (fotografía de Ma. del Refugio Domínguez P., Concurso de Fotografía "Cuidemos Nuestros Humedales" IEE 2010).

Zorrilla, M. 2012. "Contexto social: principales retos para la entidad" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 135-145.

Desarrollo regional

Un tema que cristaliza todos los retos socioeconómicos es el desarrollo regional. La planeación regional, así como la elaboración de Consejos y Programas Regionales, están contempladas en la Ley de Planeación para el Estado de Guanajuato (*Periódico Oficial del Gobierno del Estado*, 2000). Dicha ley no define las regiones, sino que éstas se definen de acuerdo a criterios de planeación de la administración pública. Actualmente, el estado se encuentra dividido en cuatro regiones y diez subregiones, como se muestra en la figura 1 y el cuadro 1.

Esta regionalización se comenzó a instrumentar en el estado a partir del año 2008 y se han construido los diagnósticos y planes regionales al año 2035, de los cuales es importante destacar que, si bien no hacen un diagnóstico exhaustivo de la biodiversidad, sí hay en todos los casos una mención explícita a las posibilidades que ofrece para el desarrollo económico de cada una de las regiones. En este sentido, tanto este estudio como la estrategia que de éste se derive, serán importantes insumos para seguir construyendo la estrategia de desarrollo regional en el estado.

Migración

Además de buscar una mayor equidad entre las diferentes regiones, se debe procurar, entre otras cosas, que la población no tenga que salir del estado ni del país para buscar mejores oportunidades de ingreso ya que, de acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2010, 10% de la población que realizó movimientos migratorios era originaria de Guanajuato (119 706 personas), de los que, aproximadamente, 70% emigró, mientras que 28% fue migrante de retorno.

De la población que emigró, 95.7% tuvo como destino Estados Unidos de América. Por otra parte, 53% de los migrantes provienen de localida-

Cuadro 1. Regiones y subregiones del estado de Guanajuato.

Región I. Noreste	Región II. Noroeste	Región III. Centro	Región IV. Sur
Subregión 1	Subregión 3	Subregión 5	Subregión 8
Doctor Mora	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	León	Abasolo
San José Iturbide	Guanajuato	Purísima del Rincón	Cuerámaro
San Luis de la Paz	San Miguel de Allende	Romita	Huanímaro
Subregión 2	Subregión 4	San Francisco del Rincón	Manuel Doblado
Atarjea	Ocampo	Silao	Pénjamo
Santa Catarina	San Diego de la Unión	Subregión 6	Pueblo Nuevo
Tierra Blanca	San Felipe	Irapuato	Subregión 9
Victoria		Salamanca	Jaral del Progreso
Xichú		Subregión 7	Moroleón
		Apaseo el Alto	Salvatierra
		Apaseo el Grande	Santiago Maravatío
		Celaya	Uriangato
		Comonfort	Valle de Santiago
		Cortazar	Yuriria
		Santa Cruz de Juventino Rosas	Subregión 10
		Tarimoro	Acámbaro
		Villagrán	Coroneo
			Jerécuaro
			Tarandacuao

Fuente: Elaboración propia con base en Iplaneg, 2011.

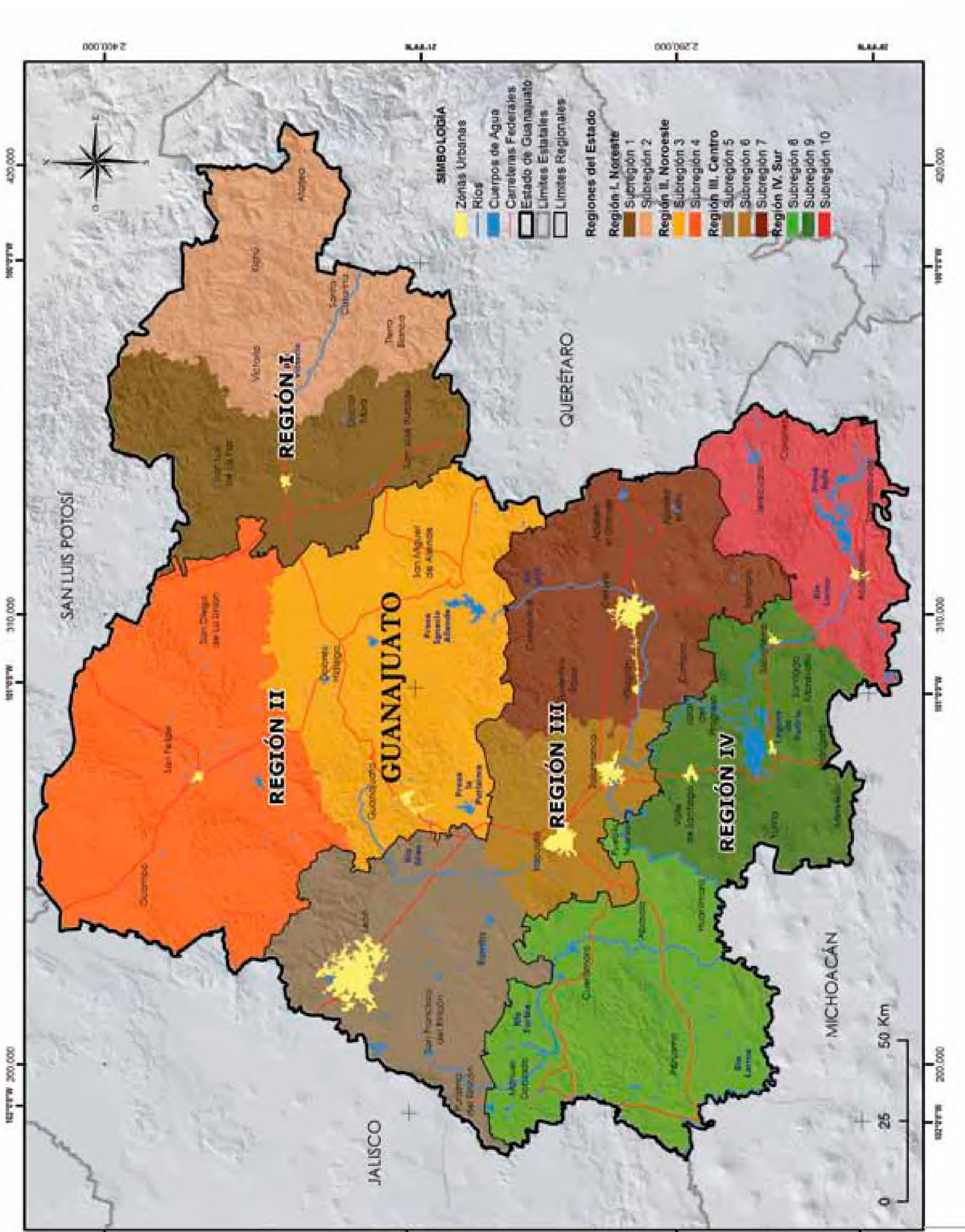


Figura 1. Mapa de regiones. Fuente: Iplaneg, 2011.

des menores de 2 500 habitantes. ¿Cuáles son las condiciones que hacen que las personas se vayan del estado? ¿Cuáles son las posibilidades que encuentran a su regreso? Este es uno de los grandes retos para el desarrollo regional.

Marginación

El estado de Guanajuato presenta condiciones muy diversas en términos de acceso a servicios, marginación y rezago. Hay una clara diferencia entre los municipios y localidades cercanas al corredor agroindustrial del Bajío, y el resto de los municipios, tanto los que están al norte como al sur del estado.

Uno de los indicadores que más se usa es el índice y grado de marginación que calcula el Consejo Nacional de Población (Conapo) cada cinco años. La figura 2 muestra cómo se distribuía el grado de marginación a nivel municipal en el año 2005. Lo primero que hay que notar es que no había municipios considerados de muy alta marginación. La mayor parte los municipios (20) se ubican en un grado de marginación medio; había 10 municipios de marginación alta, localizados principalmente en la zona de la Sierra Gorda al noreste del estado, así como al noroeste (figura 2). En contraste, los cinco municipios de muy baja marginación eran Celaya, Irapuato, León, Guanajuato y Moroleón. Cuando se observan los datos a nivel de localidad, hay que notar que, de acuerdo con el Conapo (2006) existían 676 localidades censales con un grado muy alto de marginación. En este sentido, únicamente son 10 municipios del estado los que no tenían localidades de muy alta marginación, que son: Coroneo, Huanímaro, Jaral del Progreso, Moroleón, Pueblo Nuevo, Santiago Maravatío, Tarandacuao, Tarimoro, Uriangato y Villagrán. Si bien el indicador de marginación es del año 2005, se cuenta con algunos datos más recientes sobre acceso a servicios que pueden orientar sobre las condiciones actuales de la población en el estado.

Servicios de salud

El estado de Guanajuato tiene indicadores en términos de salud que se ubican en la media nacional. Por ejemplo, de acuerdo con datos del sector salud (SSA, 2010) la esperanza de vida al nacer en el año 2007 era de 75.94 años (casi dos años más que en el año 2000), mientras que a nivel nacional era de 75.81 en el mismo año. Por otra parte, de acuerdo con el Iplaneg (2011) la Tasa de mortalidad infantil del estado en el año 2010 era de 14.9 mientras que a nivel nacional es de 14.2 fallecimientos por cada 1 000 nacidos vivos.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, en términos de acceso a servicios de salud, 69.7% de la población tenía derecho a servicios en instituciones de salud. La figura 3 muestra que 49% de los derechohabientes están inscritos al seguro popular, mientras que 41% al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

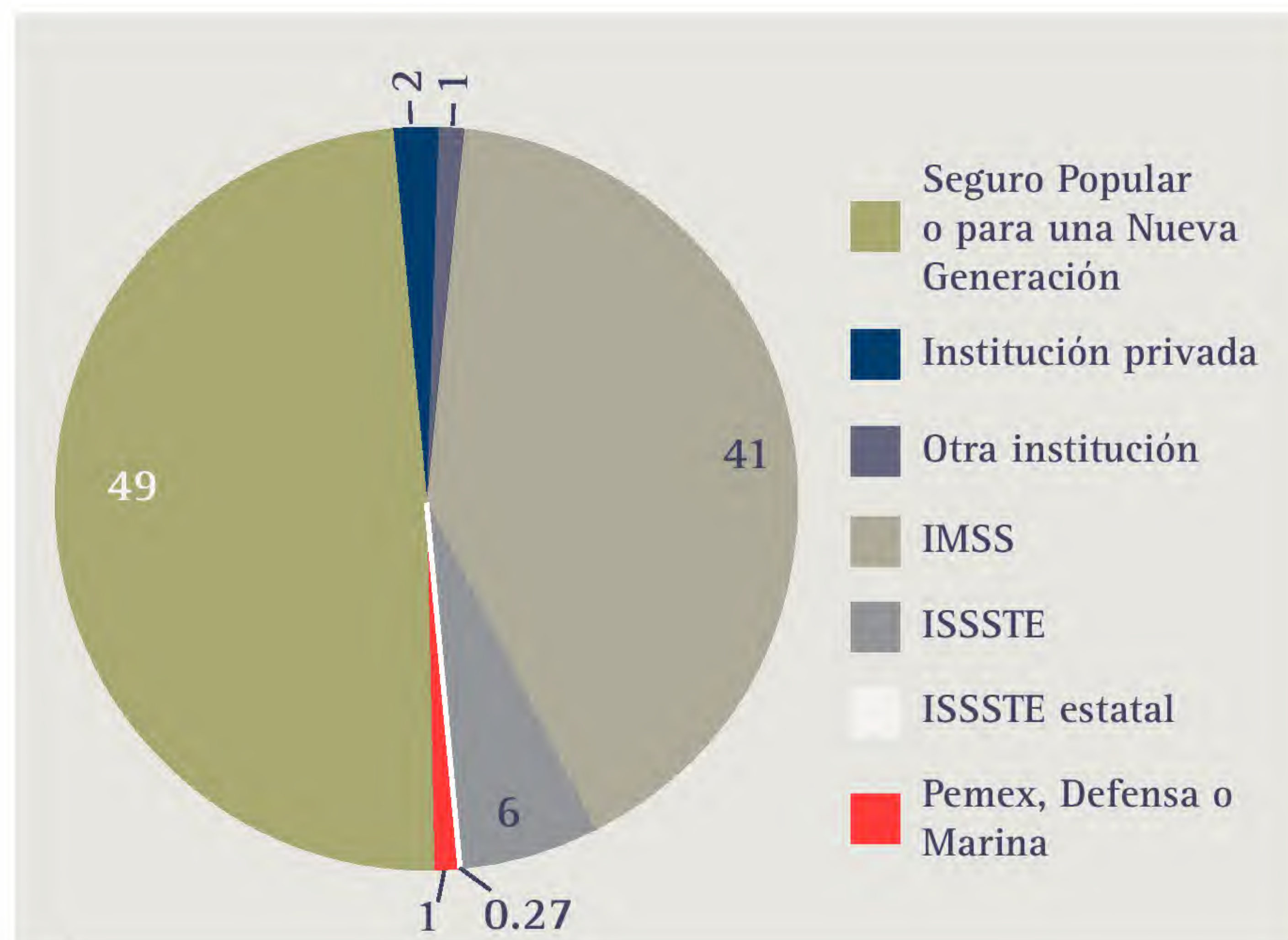


Figura 3. Población derechohabiente (porcentajes) del estado de Guanajuato por tipo de institución. Fuente: elaboración propia con base en Inegi, 2011.

Indicadores sobre educación

Para mostrar un panorama de la educación en el estado, se eligieron indicadores de analfabetismo y grado promedio de escolaridad por municipio. El cuadro 2 muestra una situación similar a la del mapa de marginación municipal en el año 2005. A pesar de que hay cinco años de diferencia entre los datos de marginación y educación, los datos sobre alfabetismo muestran que son los municipios alrededor del Corredor Agroindustrial del Bajío en la región centro (encabezados por el municipio del León) los que presentan una mayor proporción de población

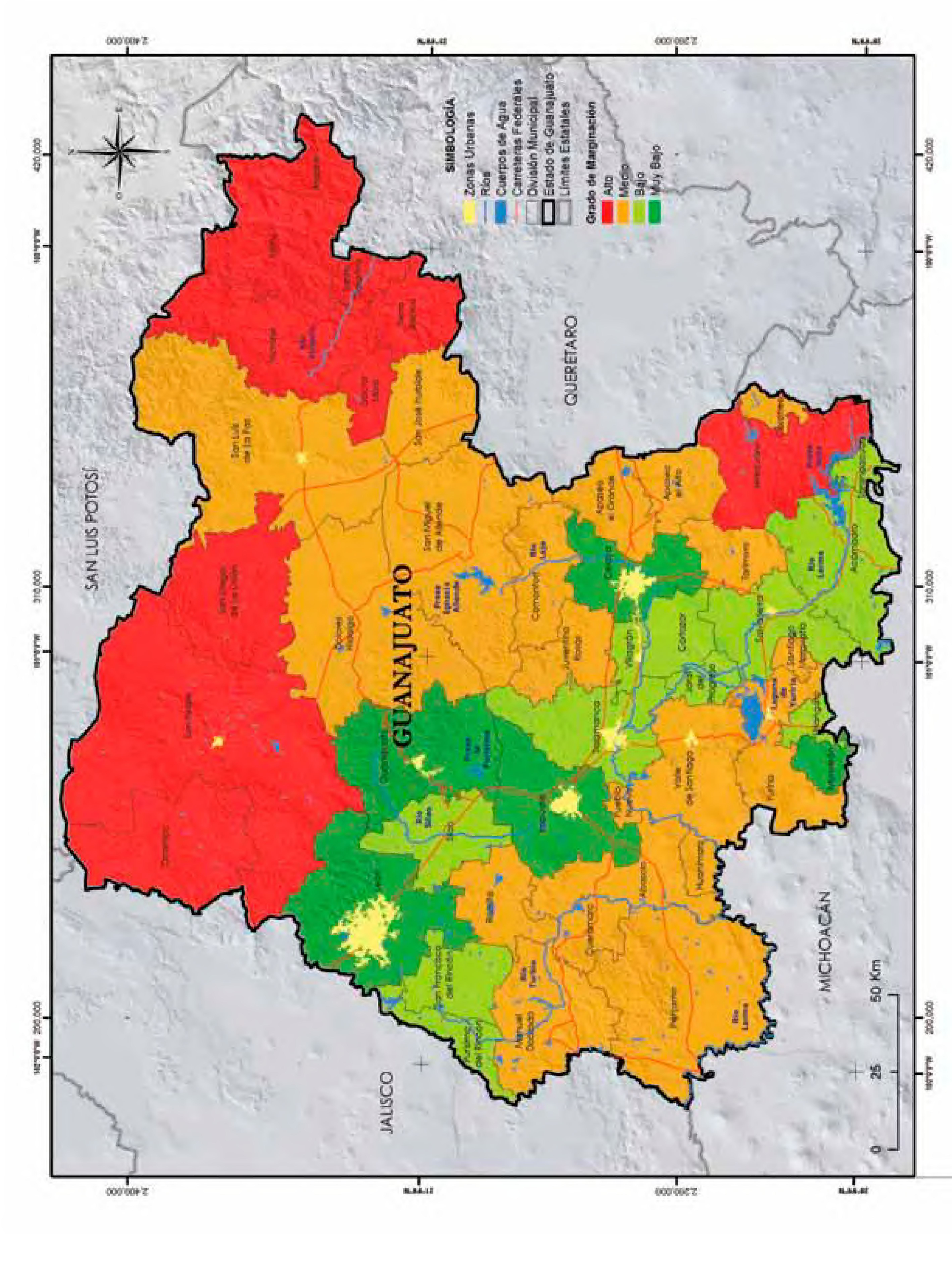


Figura 2. Grado de marginación municipal en el año 2005. Fuente: Conapo, 2006.

mayor de 15 años que sabe leer y escribir, mientras que los municipios de la Sierra Gorda, principalmente Xichú, Atarjea y Santa Catarina, en la región noreste, los que presentan una mayor proporción de habitantes mayores de 15 años que no saben leer ni escribir.

Otro de los indicadores que se presenta es el grado promedio de escolaridad por municipio. De acuerdo con el Inegi (2011), el grado promedio de escolaridad a nivel nacional en el año 2010 fue de 8.63 años cursados. El estado de Guanajuato está en casi un año menos que el promedio nacional, que es de 7.73 años cursados en el año 2010. En el cuadro 2, se observa que el municipio de Guanajuato es el que tiene mayor grado de escolaridad con 9.13 años cursados (el único que supera el promedio nacional), mientras que municipios como Atarjea y Xichú no llegan a los seis años cursados.

¿Qué tiene que ver esto con la biodiversidad? Sin duda, falta mucho por conocer sobre los vínculos entre salud y educación y el tema ambiental, sin embargo, en términos de marginación (2005) e indicadores de educación (2010) sobresale que los municipios donde se ubica la única Reserva de la Biosfera del estado, la Sierra Gorda, son los municipios con mayor marginación y analfabetismo. Esto supone retos impor-

Cuadro 2. Indicadores seleccionados sobre condiciones de la educación en los municipios del estado de Guanajuato.

Municipio	Población de 15 años y más en 2010					Grado promedio de escolaridad por municipio
	Total	Alfabeta (%)	Analfabeta (%)	% de hombres analfabetos	% de mujeres analfabetas	
León	985 072	94.37	5.08	4.02	6.06	8.54
Guanajuato	119 539	94.30	5.18	4.43	5.86	9.13
Celaya	325 343	94.09	5.42	4.38	6.34	9.01
Irapuato	363 904	93.31	6.22	4.58	7.66	8.46
Purísima del Rincón	44 803	92.47	6.98	5.85	8.03	6.55
Moroleón	36 104	92.26	7.39	5.97	8.60	7.58
Salamanca	186 246	92.13	7.32	5.89	8.62	8.22
Villagrán	37 859	91.67	7.86	5.90	9.60	7.73
Cortazar	62 160	91.66	7.86	6.76	8.84	7.56
Uriangato	42 019	91.55	7.70	6.40	8.83	6.8
San Francisco del Rincón	75 816	91.48	8.11	6.66	9.42	7.01
Total de la entidad	3 748 032	91.29	8.18	6.89	9.32	7.73
Silao	114 152	90.62	8.68	7.22	10.02	7.34
Huanímaro	13 818	90.45	9.20	8.84	9.50	6.39
Jaral del Progreso	25 644	90.24	9.37	8.68	9.99	7.19
San José Iturbide	46 821	89.56	9.93	8.58	11.11	7.5
Apaseo el Grande	57 315	89.31	10.25	8.46	11.81	7.09
Valle de Santiago	99 066	89.28	10.22	9.49	10.85	6.73
Tarandacuao	8 257	89.06	10.34	10.18	10.49	6.93
Acámbaro	77 928	88.81	10.83	10.25	11.32	7.19
Romita	37 828	88.18	11.28	9.57	12.81	6.28
Pénjamo	103 524	87.94	11.47	10.11	12.61	6.47
Apaseo el Alto	43 627	87.87	11.40	10.01	12.65	6.58
Cuerámaro	18 778	87.83	11.79	10.76	12.67	6.56
Abasolo	57 335	87.78	11.76	10.47	12.88	6.34
Santa Cruz de Juventino Rosas	53 352	87.52	12.23	11.38	12.97	6.62
Salvatierra	69 977	87.47	11.88	10.87	12.74	6.8

Cuadro 2. Continuación.

Municipio	Población de 15 años y más en 2010					Grado promedio de escolaridad por municipio
	Total	Alfabeta (%)	Analfabeta (%)	% de hombres analfabetos	% de mujeres analfabetas	
Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	95 442	87.43	11.83	10.16	13.21	6.6
San Miguel de Allende	105 799	87.36	11.91	9.52	13.92	7.17
Coroneo	7 981	87.32	12.40	11.16	13.42	6.38
Comonfort	51 139	87.14	12.45	10.60	13.97	6.83
San Luis de la Paz	73 451	86.84	12.79	10.83	14.42	6.76
Pueblo Nuevo	7 908	86.71	13.06	11.22	14.58	6.3
Yuriria	49 589	86.70	12.63	12.42	12.81	6.22
Manuel Doblado	25 389	86.44	13.19	12.13	14.08	5.81
Ocampo	14 556	86.25	13.39	13.07	13.67	5.8
San Felipe	68 334	86.23	13.25	12.26	14.12	6.09
Tarimoro	25 531	86.05	13.60	14.00	13.26	6.2
Victoria	12 748	85.11	14.22	11.00	16.92	6.57
San Diego de la Unión	23 747	84.80	14.86	13.60	15.85	5.66
Tierra Blanca	11 502	83.20	16.28	11.45	20.60	6.25
Doctor Mora	14 846	83.17	16.17	14.75	17.37	6.26
Santiago Maravatío	4 969	82.85	16.26	16.52	16.04	6.12
Jerécuaro	34 474	82.26	17.42	17.84	17.08	5.65
Santa Catarina	3 308	81.08	18.68	16.80	20.18	6.05
Atarjea	3 726	79.79	19.89	17.12	22.45	5.7
Xichú	7 306	78.98	20.91	17.55	23.83	5.31

Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

tantes para la educación ambiental, si se plantea la necesidad de encontrar esquemas de educación no formal que permitan a los habitantes de las regiones más marginadas del estado para valorar los recursos con los que cuentan.

Viviendas y servicios

Otros indicadores relevantes, desde la perspectiva socioeconómica, son el acceso a servicios básicos en la vivienda, como el agua entubada, el drenaje y la electricidad. De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, en el estado hay 1 266 235 viviendas particulares habitadas, de las cuales, 98.2% disponen de energía eléctrica, 75.9% de agua dentro de la vivienda y 90.5% de drenaje. Las figuras 4 y 5 muestran con mayor detalle datos sobre la disponibilidad de agua y de drenaje a nivel estatal.

Como se observa en las figuras anteriores, no sólo se trata de tener acceso a los servicios, sino de la calidad y el posible impacto ambiental de los mismos. En este sentido, sobresale el hecho de que 2.5% del agua que se consume en las viviendas del estado proviene directamente de pozos, ríos, lagos, arroyos u otros, y que 1.8% del drenaje se descargue en barrancas o cuerpos de agua. Este último dato es especialmente relevante en municipios como Pueblo Nuevo, en donde 13.8% de las viviendas que tiene drenaje descargan en grietas, barrancas o cuerpos de agua, mientras que en Huanímaro es 8.3% y en Jerécuaro 8.1%, todos ellos en la Región Sur del estado.

La figura 6 muestra el acceso a servicios básicos medido en porcentaje de viviendas particulares habitadas en cada municipio.

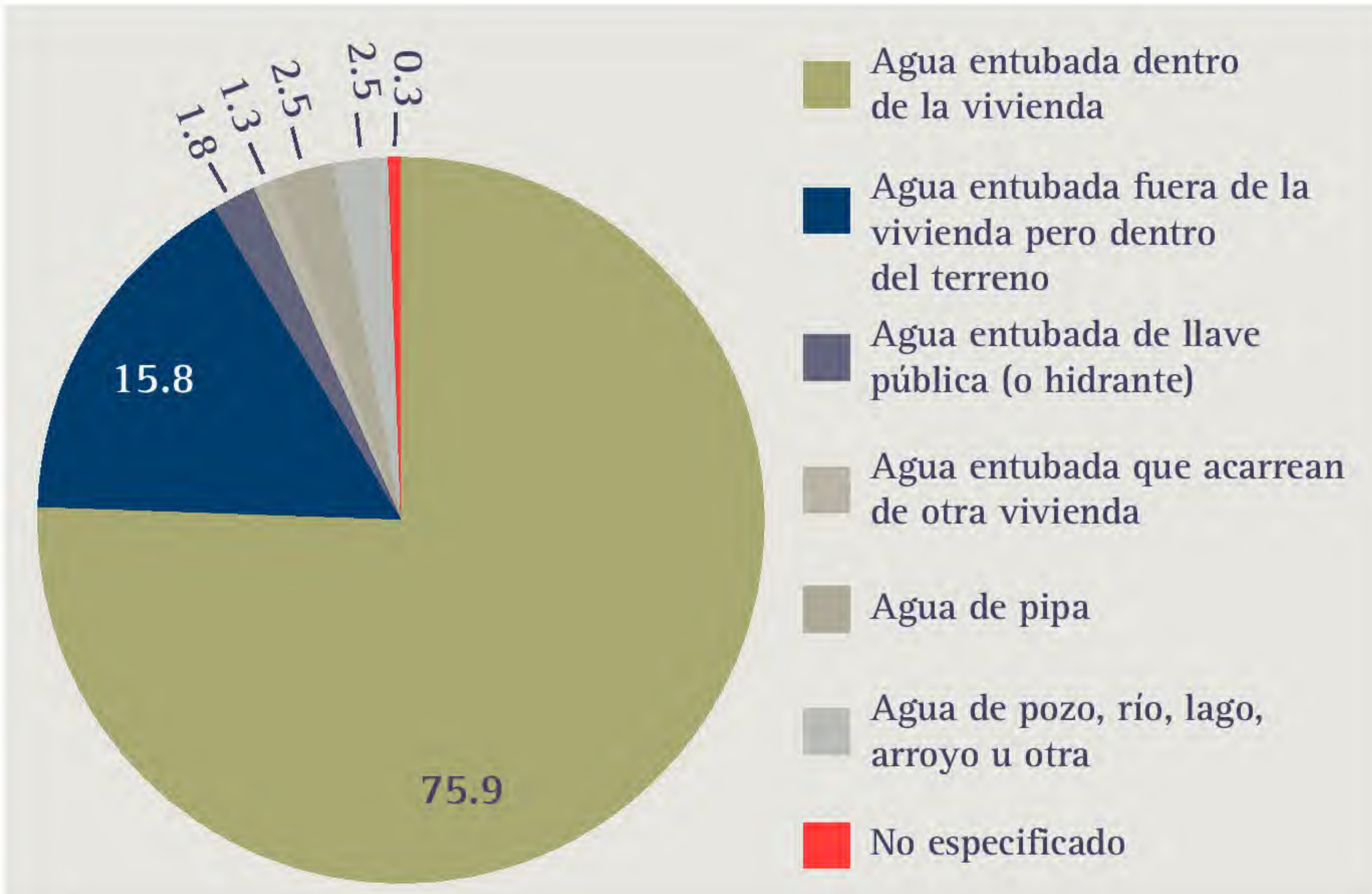


Figura 4. Porcentaje de viviendas según disponibilidad de agua. Fuente: elaboración propia con base en Inegi, 2011.

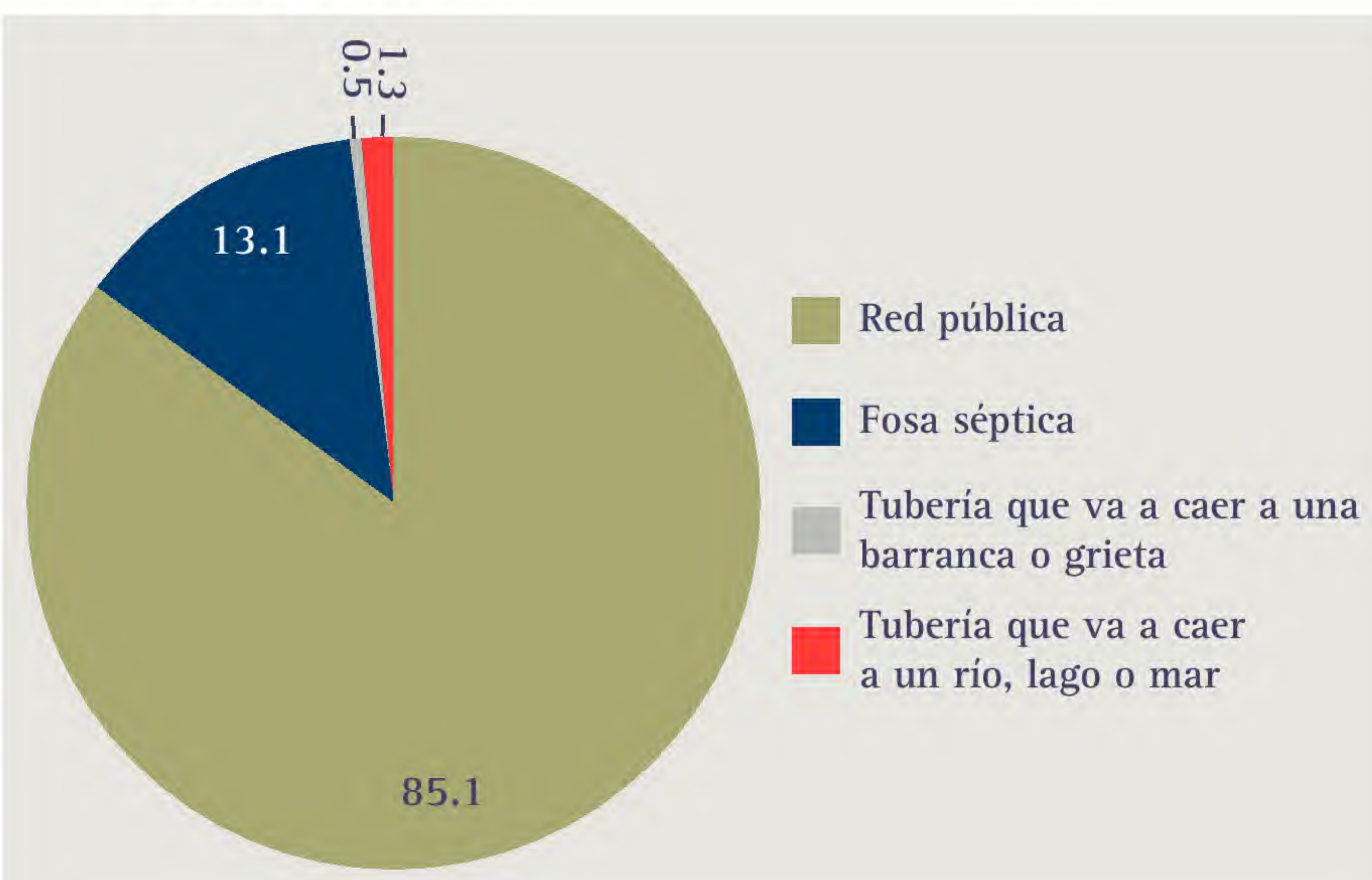


Figura 5. Porcentaje de viviendas que disponen de drenaje según el lugar de desalojo. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

Como se observa, la mayor parte de los municipios tienen cubierto casi en su totalidad el servicio de energía eléctrica, sin embargo, no sucede lo mismo con el drenaje ni con el agua entubada al interior de la vivienda; especialmente importante es el tema del drenaje por la contaminación que puede generar la falta de tratamiento de los residuos. De acuerdo con el Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato (Inegi, 2010), en el año 2009 existían en el estado 197 plantas de tratamiento de aguas residuales en operación, de las cuales, 47 eran de tratamiento primario (Ajuste de pH y remoción de materiales orgánicos e inorgánicos –o ambos– en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm), 126 de tratamiento secundario (remoción de materiales orgánicos coloidales y disueltos) y 24 de tratamiento terciario (remoción de materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas, así como iones).

Urbanización

El acceso a los servicios es un tema que habla de las condiciones de vida de la población, pero también del tipo de urbanización de los asentamientos humanos. De acuerdo con Pisanty, Mazari y Ezcurra (2009), los efectos de las ciudades sobre las zonas en las que se desarrollan son profundos, ya que implican "la alteración y, frecuentemente, la desaparición total y definitiva de una gran cantidad de características físicas y biológicas originales de la región" (Pisanty *et al.*, 2009).

Como se vio en contribuciones anteriores, una de las características principales del estado es la existencia de un sistema de ciudades importante que tiene como núcleo la región del bajío.

En la figura 7, se observa el árbol de ciudades para Guanajuato en el Sistema Urbano Nacional (SUN) del año 2005. Dentro del sistema de ciudades del estado, la zona metropolitana León-Silao es la más importante, considerada como una ciudad de Rango 2, es decir, entre 1 000 000 y 4 999 999 habitantes; cinco ciudades se encuentran en un Rango 4; siete ciudades, en Rango 5, y 12, en Rango 6. Para el año 2010 no cambia la articulación de las ciudades, aunque cambie el número de los habitantes. Lo relevante aquí es que se trata de 25 zonas urbanas las que articulan las actividades económicas y sociales del estado.

Propiedad de la tierra

Otro elemento que se debe tomar en cuenta es el de la organización social y la propiedad de la tierra. Los núcleos agrarios son importantes por varios aspectos; si bien cada núcleo agrario tiene particularidades en cuanto a los acuerdos y normas que los rigen, siguen siendo una oportunidad para orientar el uso sustentable de los recursos naturales. En el estado de Guanajuato existen 1 543 núcleos agrarios que ocupan, de acuerdo al IX Censo Ejidal del año 2007, una superficie de 1 327 661 ha, lo cual equivale aproximadamente a 43% de la superficie total

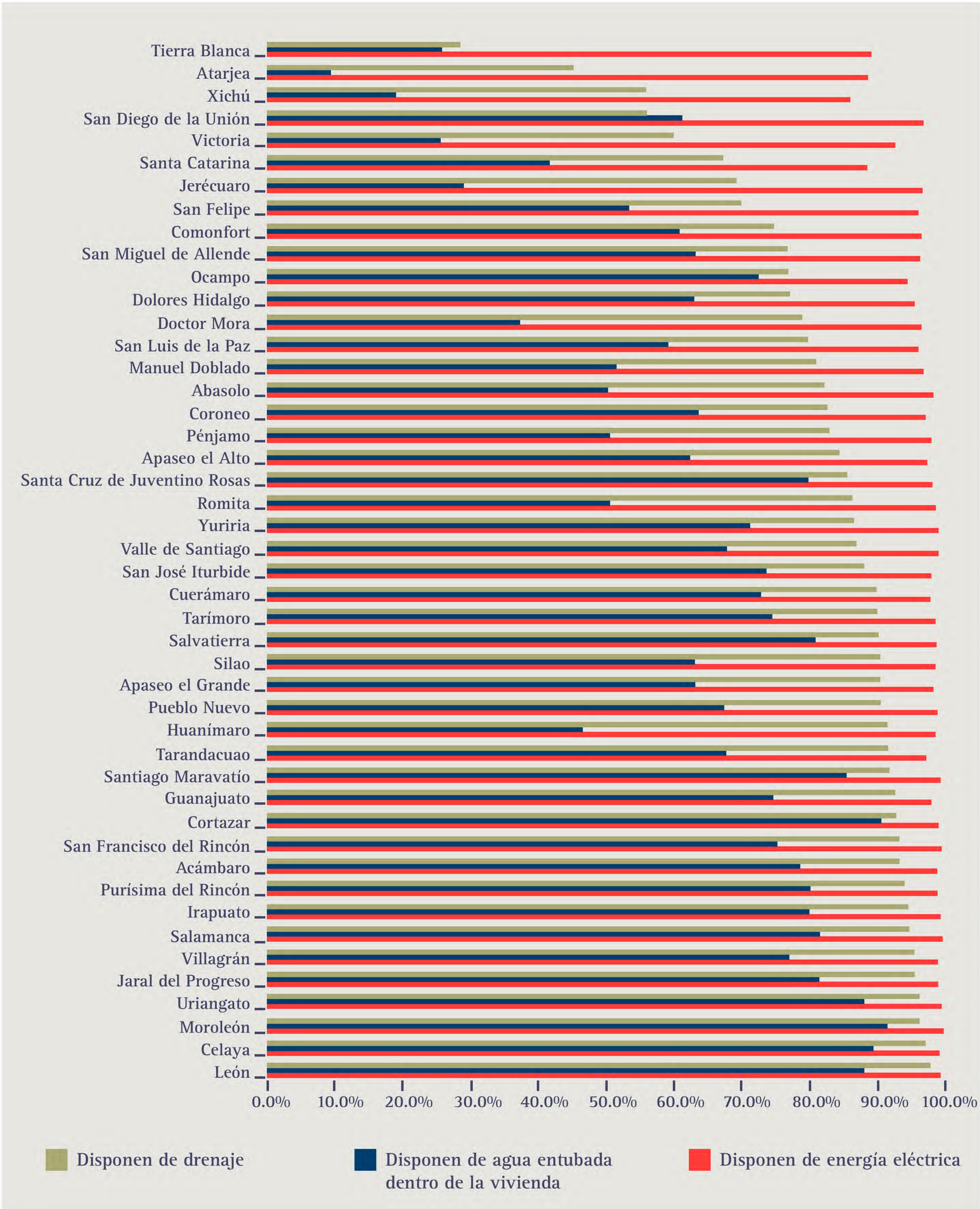


Figura 6. Disponibilidad de servicios básicos en viviendas particulares habitadas en los municipios del estado de Guanajuato en 2010. Fuente: Elaboración propia con base en Inegi, 2011.

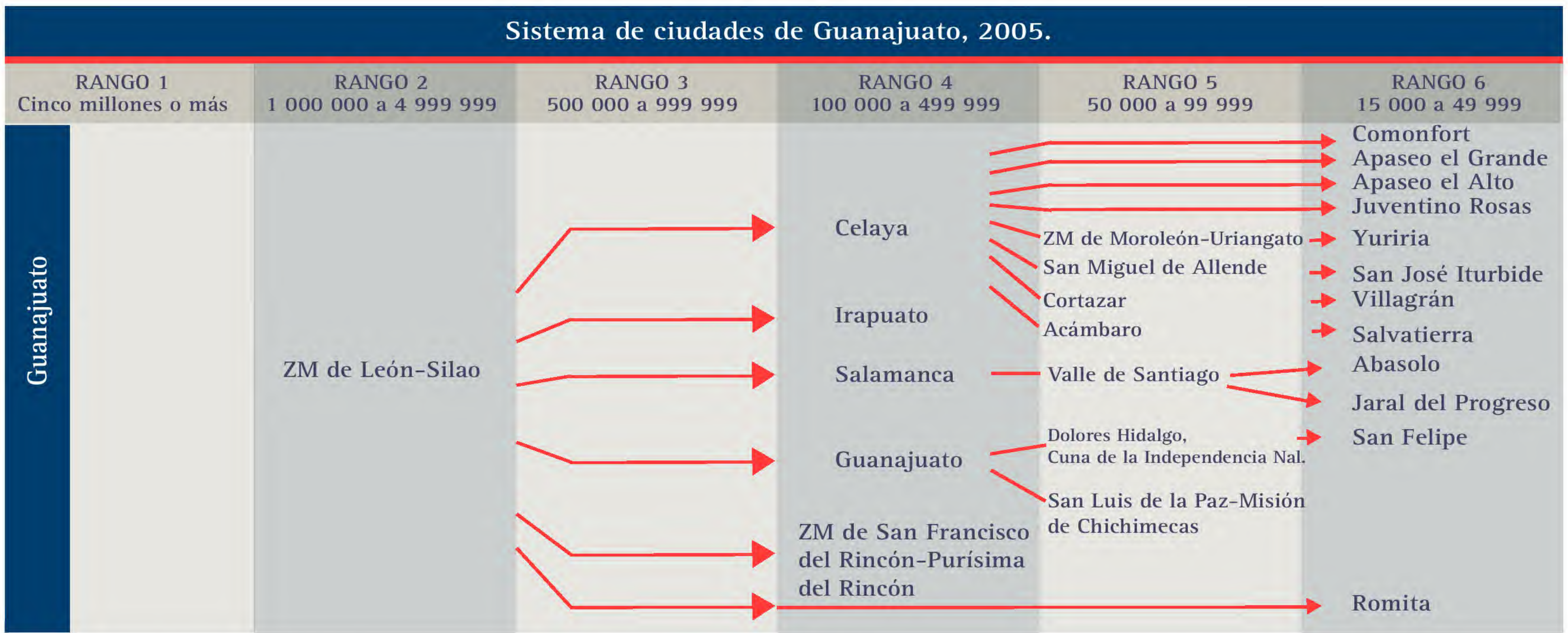


Figura 7. Sistema de Ciudades de Guanajuato en el año 2005. Fuente: Sedesol, 2006. Sistema Urbano Nacional.

Cuadro 3. Información básica sobre núcleos agrarios (2007).

Total de Núcleos Agrarios (ejidos y comunidades)	1 543
Superficie total (ha)	1 327 660.88
% de Superficie parcelada	51.33
% de Superficie de uso común	41.99
% de Asentamientos humanos	3.41
% de otras superficies	6.37
Municipios con mayor superficie de núcleos agrarios (% de la superficie total de NA en el estado)	San Felipe (12), Xichú (6), Pénjamo (5.2)
Municipios con mayor cantidad de núcleos agrarios (número total)	Pénjamo (151), Valle de Santiago (98), San Felipe (81), Irapuato (80).

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados definitivos del IX Censo Ejidal 2007 (Inegi, 2008).

del estado. El cuadro 3 presenta información básica sobre los núcleos agrarios de Guanajuato.

Por las características de las actividades primarias en el estado (más enfocadas a la producción agropecuaria) los núcleos agrarios no han jugado un papel especialmente relevante en la conservación y uso sustentable de la biodiversidad; en el año 2007, se identificaron tan solo 45 ejidos que realizaban acciones forestales en el estado (Inegi, 2008). Sin embargo, hay que considerar que estos constituyen un importante actor potencial para promover un nuevo enfoque con una orientación hacia la conservación. Esto sitúa a otro actor importante como la Procuraduría Agraria, que es el organismo de la Secretaría de la Reforma Agraria encargado, entre otros aspectos, de atender a los ejidatarios.

Conclusiones

Se han presentado algunos de los principales temas que definen el entorno socioeconómico en el estado. De manera general, se observa que la región centro, la más urbanizada, es la que presenta mejores condiciones, mientras que la región sur, y en especial la región noreste, donde se encuentran zonas importantes para la biodiversidad, son las más rezagadas. Ésta es una aproximación general ya que, si bien se han descrito condiciones, ha faltado mayor profundidad en los procesos sociales como es la migración, las relaciones de género, el envejecimiento de la población, así como procesos relacionados con la participación ciudadana en temas ambientales. Sin embargo, esto debe ser sólo un paso más para lograr un mejor conocimiento de los vínculos entre sociedad y biodiversidad. Los retos futuros que se vislumbran son, entre otros, poder incorporar la valoración del capital natural, incluyendo la biodiversidad, en las estrategias de desarrollo del estado, de manera que permita, por una parte, que el avance en la calidad de vida de las regiones y los municipios más atrasados (como es el caso de la Sierra Gorda) no afecte los recursos que aún se conservan, sino que sean un elemento para su desarrollo.

Literatura citada

Conapo (Consejo Nacional de Población). 2006. *Índices de marginación por estado y por localidad*, en *www.conapo.gob.mx*, última consulta 30 de junio de 2010.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2008. *IX Censo Ejidal 2007. Resultados definitivos,* Aguascalientes, México.

———. 2010. *Anuario Estadístico de Guanajuato*, en *http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee10/estatal/gto/default.htm*, última consulta 15 de diciembre de 2010.

———. 2011. *Censo de Población y Vivienda 2010, Tabulados Básicos*, México.

Iplaneg (Instituto de Planeación del Estado de Guanajuato). 2011. En *http://seip.guanajuato.gob.mx/dmdocuments/05%20Visi%C3%B3n%20Guanajuato.pdf*, última consulta 13 de diciembre de 2011.

Ley de Planeación para el Estado de Guanajuato, México. 2000. *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*. Publicada el 22 de diciembre de 2000.

Pisanty, I., M. Mazari, E. Ezcurra *et al*. 2009. "El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas", en *Capital Natural de México, II. Estado de Conservación y tendencias de cambio*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad (Conabio).

Sedesol (Secretaría de Desarrollo Social). 2006. *Sistema Urbano Nacional. Bases de datos de la Sedesol*, México.

SSA (Secretaría de Salud). 2010. *Sistema Nacional de Información en Salud. Datos demográficos*, en *http://www.sinais.salud.gob.mx/demograficos/index.html*, última consulta 13 de diciembre de 2011.



RESUMEN

María Zorrilla Ramos

La publicación de la primera Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988, la participación de México en la Cumbre de Río en 1992 y su consecuente adhesión a los tratados internacionales derivados de ésta, así como las posteriores reformas a la LGEEPA (1996) dan cuenta de un periodo menor a 25 años durante el cual se ha desarrollado e implantado la normatividad e instituciones ambientales para hacer frente a los retos que la modernidad y el modelo de desarrollo económico imponen al ambiente. Durante este periodo de creación de institucionalidad ambiental, surgen en cada una de las entidades federativas leyes e instituciones que se ocupan del tema a nivel estatal. En el caso del estado de Guanajuato, este proceso ocurre con la creación del Instituto de Ecología del Estado (IEE) y la promulgación en el año 2000 de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (LPPAEG).

Este capítulo presenta los principales avances en el tema institucional. En Guanajuato existen instrumentos jurídicos adicionales a los federales que tutelan la biodiversidad del estado. La legislación actual de la biodiversidad está contenida en la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (LPPAEG) y su visión está orientada principalmente a normar la gestión de las áreas protegidas de carácter estatal. En este sentido, una de las principales recomendaciones es ampliar y fortalecer el concepto de biodiversidad en la legislación estatal para que no sólo se proteja mediante la creación y gestión de áreas protegidas.

Con respecto al marco institucional del estado, son tres las instituciones que tratan el tema: de manera directa el (IEE), así como la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado (Propaeg) y la Comisión Estatal del Agua (CEAG). Se reconoce que un aspecto institucional a fortalecer es el nivel en la toma de decisiones que tienen estas instituciones, así como las necesidades de infraestructura, presupuesto y personal calificado que permitan enfrentar los retos ambientales del estado.

Los instrumentos de política ambiental con los que se trabaja desde el gobierno de Guanajuato a través del IEE son: las Áreas Naturales Protegidas; el Ordenamiento Ecológico del Territorio; los Indicadores de Sustentabilidad; la Participación ciudadana y los Centros regionales de competitividad ambiental. También ejemplifican algunos esfuerzos que constituyen un referente importante de coordinación intersectorial, como es la conservación de la laguna de Yuriria o la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de Guanajuato (Coclima) y cuya experiencia puede ser de utilidad para la conformación de la estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

La gestión para la biodiversidad en el ámbito municipal tiene retos importantes, como son el poco personal suficientemente capacitado para atender este tema.

Garza (fotografía de J. Gerardo León Barroso).

Finalmente, se presenta un estudio de caso de San Miguel de Allende para el manejo integrado de microcuencas, que analiza las condiciones actuales y las necesidades para este tipo de proyectos que permiten la conservación del suelo y el agua del estado.

Puede concluirse que si bien el estado cuenta con capacidad normativa e institucional para conducir la política ambiental, hay una gran necesidad de avanzar en la consolidación de estas instituciones y normas, así como en el mejoramiento de las capacidades estatales y municipales para la gestión de la biodiversidad. La construcción de acuerdos que se han logrado en temas como la gestión del agua resultan en experiencias que podrían retomarse y replicarse para otros aspectos de la gestión ambiental, incluyendo los recursos biológicos. Sin duda, un componente fundamental de la estrategia de biodiversidad tendrá que ser el fortalecimiento de estas capacidades en los ámbitos estatal y municipal.

MARCO JURÍDICO PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Sofía Cortina Segovia | María Zorrilla Ramos

Introducción

El desarrollo de la legislación ambiental en nuestro país es muy reciente en comparación con otras legislaciones, a pesar de que a mitad del siglo XX hubo avances en la promulgación de diversas leyes como la forestal, de caza, de aguas y de pesca, entre otras, no existía una visión integral que definiera y abarcara en su conjunto todo el sector ambiental. A partir de la promulgación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en 1988, se presenta por primera vez un marco jurídico para el sector ambiental en su conjunto. Sin embargo, son las reformas realizadas a esta ley en 1996 las que sustentan la actual legislación en la materia (Brañes, 2000; Díaz y Díaz, 2001). Entre los avances más importantes de estas reformas estuvieron la incorporación de definiciones que habían adquirido importancia en la década de los noventa, entre ellas la de biodiversidad y la nueva categorización de áreas naturales protegidas; un capítulo sobre restauración de ecosistemas degradados; innovaciones en el tema de vida silvestre, así como importantes avances en lo relativo a la descentralización (Azuela *et al.*, 2008).

Con respecto al estado, en 1990 se publicó la Ley de Ecología para el Estado de Guanajuato (LEEG), en esta ley no se definía el concepto de biodiversidad, sin embargo, sentaba las bases para el establecimiento de áreas naturales protegidas de interés estatal. De manera explícita, en el artículo 98, fracción VI, se establece como un propósito de las áreas naturales protegidas "Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de la flora y de la fauna que habitan en las áreas naturales, particularmente las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción" (LEEG, 1990). Esta Ley se abroga en el año 2000 cuando entra en vigor la Ley de Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (LPPAEG), la cual se retoma más adelante en esta contribución.

A continuación se presenta el marco normativo en el que se fundamenta la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en la entidad. Se ha respetado la presentación de acuerdo a la jerarquía de las leyes, situando en primer lugar a la Constitución Política de los Estados Mexicanos, en la que se establece a partir de su

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 4, 25, 27 y 73 fracción XXIX inciso G)		
Marco internacional	**Marco federal**	**Marco estatal**
Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (derivado del CBD)	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable Ley General de Vida Silvestre Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados Ley de Aguas Nacionales	Ley de Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado y los Municipios de Guanajuato
		Marco municipal
		Reglamentos de Ecología o similares

Figura 1. Legislación aplicable en el estado de Guanajuato que regula de manera directa la biodiversidad. Fuente: Elaboración propia.

Cortina Segovia, S. y M. Zorrilla Ramos. 2012. "Marco jurídico para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en el Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 149-156.

artículo 133 la jerarquía de las leyes (Carpizo y Madrazo, 1991) (figura 1):

I. Constitución federal
II. Leyes constitucionales y tratados
III. Derecho federal y derecho local

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución contiene cuatro artículos que hacen referencia explícita al derecho ambiental, estos son: el artículo cuarto, donde se establece que "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar"; el artículo 25, que plantea la rectoría del Estado para garantizar un desarrollo integral y sustentable; el artículo 27 establece el régimen de los recursos naturales (el cual se retoma más adelante), y el artículo 73, fracción XXIX, inciso G, en el cual se faculta al Congreso de la Unión para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal y de los gobiernos estatales y municipales, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Hay que hacer un especial énfasis en el artículo 27 constitucional, ya que en él se determina que la nación tiene en todo tiempo el derecho de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los recursos naturales susceptibles de apropiación. El objeto de esta regulación consiste en hacer una distribución equitativa de la riqueza pública y cuidar de su conservación. Para ello, determina el principio de que es un deber del Estado velar por la protección del ambiente, entendida en el sentido de una protección integral del mismo (Cortina y Zorrilla, 2009).

Marco internacional

El segundo nivel de jerarquía es el de las leyes constitucionales y los tratados internacionales. Se comenzará hablando del marco jurídico internacional, ya que éste ha impactado el desarrollo de la legislación a nivel nacional. La comunidad internacional empezó a tomar conciencia de la problemática ambiental durante los años setenta, cuando se celebró en Suecia, en el año de 1972, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (Conferencia de Estocolmo). A partir de entonces se han expedido una serie de tratados, convenciones, protocolos y demás instrumentos internacionales que han sido el fundamento de muchas de las legislaciones nacionales vigentes (Brañes, 2000; Díaz y Díaz, 2001). En el caso específico de la biodiversidad, es a partir de los acuerdos firmados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, llevada a cabo en la Cuidad de Río de Janeiro en 1992 (Cumbre de Río), que las legislaciones nacional y estatales introducen el tema de la biodiversidad. Los instrumentos de cooperación internacional a los que México se sumó en materia de biodiversidad a partir de la Cumbre de Río (1992) son:

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) ratificado por México en 1993; el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (derivado del CDB) y ratificado en 2003, así como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), promulgado en 1992 (cuadro 1).

Otros acuerdos relevantes son la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África; la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas "Convención de Ramsar", así como los compromisos derivados de la Agenda 21 y de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Marco jurídico federal

A continuación se presenta una descripción general de la legislación que existe a nivel federal y que se refiere de manera expresa al tema de la biodiversidad. La relevancia de esta legislación es que además de ser el marco jurídico que rige, también ordena y estructura a la administración pública a partir de señalar atribuciones y competencias para los tres niveles de gobierno. Dado que esta contribución tiene como propósito dar un panorama general se describen de manera muy breve los instrumentos y la manera en la que tratan el tema de la biodiversidad.

Cuadro 1. Marco internacional para la conservación de la diversidad biológica.

Tratado	Objeto
Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Fecha de ratificación 13 de marzo de 1993	La conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, tomando en consideración todos los derechos sobre dichos recursos y tecnologías. Cada Parte deberá realizar actividades de conservación *in situ* y *ex situ*, desarrollar incentivos económicos y promover la utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica, incluidos los recursos genéticos.
Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (derivado del CDB). Fecha de ratificación 11 de septiembre de 2003	Contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados, resultantes de la biotecnología moderna, que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Fecha de promulgación 6 de junio 1992.	Detener las afectaciones derivadas del comercio sobre las especies en peligro de extinción (apéndice I); las especies que en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción pero que podrían llegar a esa situación (apéndice II); y todas las especies que cualquiera de las Partes manifieste que se hallan sometidas a reglamentación dentro de su jurisdicción, con el objeto de prevenir o restringir su explotación, y que necesitan la cooperación de otras Partes en el control de su comercio (apéndice III). El comercio de estas especies deberá estar sujeto a una reglamentación estricta a fin de no poner en peligro su supervivencia.

Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente

Esta ley, publicada en 1988 y cuya última reforma es de junio de 2012 en su artículo segundo, fracción III, considera "de utilidad pública la formulación y ejecución de acciones de protección y preservación de la biodiversidad del territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, así como el aprovechamiento de material genético".

La LGEEPA está divida en siete Títulos, el Título Segundo se denomina Biodiversidad y se compone de tres capítulos:

Capítulo I. Áreas Naturales Protegidas. En este capítulo se establece el objeto para el establecimiento de estas áreas; los tipos y características; el establecimiento de declaratorias, también lo relativo a su administración y vigilancia, así como las disposiciones para establecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP).

Capítulo II. Zonas de Restauración. Este capítulo establece en el artículo 78 que aquellas áreas que presenten procesos de degradación o desertificación, o graves desequilibrios ecológicos, se deberán formular y ejecutar programas de restauración ecológica.

Capítulo III. Flora y Fauna Silvestre. En este capítulo se establecen los preceptos para el aprovechamiento sustentable de la flora y la fauna silvestres y, entre otros aspectos, sienta las bases para el establecimiento de un "sistema nacional de información sobre biodiversidad y de certificación del uso sustentable de sus componentes" a cargo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

La LGEEPA tiene seis reglamentos: en materia de Evaluación del Impacto Ambiental; en materia de Áreas Naturales Protegidas; en materia de Ordenamiento Ecológico; en materia de Auditoría Ambiental; en materia de Prevención y Control de Contaminación a la Atmósfera, y en materia de

Registro de Emisiones Contaminantes. Los tres primeros tienen un vínculo directo con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

Ley general de desarrollo forestal sustentable (DOF, 2003)

Esta ley es reglamentaria del artículo 27 constitucional. Fue publicada en 2003 y su última reforma es de junio de 2012. De acuerdo con el artículo segundo, fracción III, entre sus objetivos generales está desarrollar los bienes y servicios ambientales, proteger, mantener y aumentar la biodiversidad que brindan los recursos forestales. En el artículo tercero, fracción XXI, establece entre sus objetivos específicos regular el fomento de actividades que protejan la biodiversidad de los bosques productivos mediante prácticas silvícolas más sustentables. Esta ley tiene un importante aporte como las definiciones de "Recursos biológicos forestales" y de "Servicios ambientales" en las que la biodiversidad es un componente importante.

Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (DOF, 2000)

Esta ley fue publicada en el año 2000 y su última reforma es de junio de 2012. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, así como de los gobiernos de los estados y municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en lo referente a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la nación ejerce su jurisdicción. En lo referente a la vida silvestre es especialmente relevante que la LGVS establece que es competencia de los estados:

- La formulación y conducción de la política estatal sobre la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre.
- La emisión de leyes y la regulación en la materia.
- El apoyo, la asesoría técnica y la capacitación a las comunidades para el desarrollo de actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, la elaboración de planes de manejo, el desarrollo de estudios de poblaciones y la solicitud de autorizaciones.
- La conducción de la política estatal de información y difusión en materia de vida silvestre.
- La integración, seguimiento y actualización del Sistema Estatal de Información sobre la Vida Silvestre en compatibilidad e interrelación con el Subsistema Nacional de Información sobre la Vida Silvestre.
- Los registros estatales tanto de las organizaciones relacionadas con la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre como de los prestadores de servicios.

Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) (DOF, 2005)

Esta ley, publicada en marzo de 2005, tiene por objeto regular las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de organismos genéticamente modificados, con el fin de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente, y a la diversidad biológica o a la sanidad animal, vegetal y acuícola. La LBOGM enuncia como uno de sus principios que "La Nación Mexicana es poseedora de una biodiversidad de las más amplias en el mundo, y en su territorio se encuentran áreas que son centro de origen y de diversidad genética de especies y variedades que deben ser protegidas, utilizadas, potenciadas y aprovechadas sustentablemente, por ser un valioso reservorio de riqueza en moléculas y genes para el desarrollo sustentable del país".

Ley de Aguas Nacionales (DOF 1992)

Esta ley, de 1992 y con reformas importantes en 2004 (Azuela *et al.*, 2008), tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Entre los aspectos centrales de esta ley está la definición de conceptos como cuenca hidrológica, uso ambiental del agua, servicios ambientales y gestión integrada de recursos hídricos, la cual se define como un "proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del

agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales" (artículo tercero, fracción XXIX). Esta ley también establece competencias en casos de humedales ligados a cuerpos de aguas nacionales.

Existen otro conjunto de leyes que no regulan de manera directa la biodiversidad y la vida silvestre pero que impactan de manera directa en ésta, destacan la Ley general de Bienes Nacionales (2004); la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001); la Ley Agraria (1992); la Ley Federal de Variedades Vegetales (1996); La Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables (2007); la Ley de Productos Orgánicos (2006) y la Ley Federal de Sanidad Animal (2007).

A nivel federal son también relevantes las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que regulan actividades específicas con respecto a un tema. El cuadro 2 muestra aquellas emitidas por la Semarnat y que son aplicables en el territorio de Guanajuato.

Marco jurídico local

A continuación se analizan las leyes correspondientes al estado de Guanajuato, en cumplimiento con las obligaciones internacionales y nacionales que aplican en su jurisdicción.

Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (LPPAEG), publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato en el año 2000.

Al igual que la establecida a nivel federal, esta ley es el marco donde se regula todo lo referente a biodiversidad, teniendo por objeto propiciar el desarrollo sustentable, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como regular las acciones tendientes a proteger el ambiente en el estado de Guanajuato. En ella se establecen las bases para:

I. Preservar y restaurar el equilibrio ecológico, así como el mejoramiento del medio ambiente;

II. Proteger la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y demás recursos naturales;

III. Establecer criterios e instrumentos para la constitución, preservación, protección y administración de áreas naturales.

Asimismo, considera de utilidad pública el establecimiento, protección y preservación de las áreas naturales protegidas y de las zonas de restauración ecológica; el ordenamiento ecológico del estado; las declaratorias que impongan la conservación y preservación del medio ambiente y su aprovechamiento sustentable; la preservación de los sitios necesarios para asegurar el mantenimiento e incremento de los recursos genéticos, de la flora y fauna silvestre, frente al peligro de deterioro grave o de extinción. Al igual que la LGEEPA, la LPPAEG toma como instrumentos de política ambiental la evaluación de impacto ambiental, el ordenamiento ecológico y los instrumentos económicos, entre otros. Dentro de estos es importante destacar el ordenamiento ecológico territorial desarrollado por el estado.

Esta ley desarrolla como principal estrategia de conservación de la biodiversidad la creación de áreas naturales protegidas estatales, estableciendo su definición, objeto, clasificación y las formalidades requeridas para su declaración. A diferencia de la LGEEPA, donde se establece un capítulo de restauración ecológica y un capítulo de flora y fauna, las disposiciones al respecto en la LPPAEG están contenidas en el capítulo de áreas naturales protegidas, supeditando la conservación de la biodiversidad a estas zonas.

En cumplimiento con lo establecido en la propia ley, el gobierno del estado expidió en 2002 el Programa que establece el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas en el que se determinan a mayor detalle los componentes y objetivos de estas áreas estatales.

Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado y los Municipios de Guanajuato

Esta ley, decretada en el año de 2005, tiene como objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento sustentable

Cuadro 2. Principales normas oficiales mexicanas en materia de biodiversidad aplicables en el estado de Guanajuato.

Instrumento de política	Descripción
NOM-059-SEMARNAT- 2010.	Protección ambiental. Especies de Flora y Fauna silvestres de México. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo.
NOM-061-SEMARNAT-1994	Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.
NOM-062-SEMARNAT-1994.	Especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad, ocasionados por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.
NOM-126-SEMARNAT-2000	Especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional.
NOM-120-SEMARNAT-1997	Especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos
NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997	Regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, y establece las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de incendios forestales

de los ecosistemas forestales. Los objetivos que plantea y que se consideran relevantes para el presente estudio son:

I. Promover la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales estatales y municipales, así como la ordenación y el manejo forestal.

II. Promover el rescate y protección de las cuencas hidrológicas.

III. Promover y desarrollar recursos forestales en terrenos preferentemente forestales o con uso agrícola o preferentemente pecuario, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas, y brindar servicios ambientales, además de dinamizar el desarrollo rural.

IV. Promover el aprovechamiento y el uso sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables.

V. Preservar las áreas forestales impulsando su delimitación y manejo sustentable, evitando que el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios o de cualquier otra índole afecte su permanencia y potencialidad.

VI. Promover las certificaciones forestales y de provisión de bienes y servicios ambientales.

VII. Promover acciones con fines de conservación y restauración de suelos forestales.

VIII. Promover la cultura, educación, investigación y capacitación para el manejo sustentable de los recursos forestales.

Dicha Ley considera de utilidad pública, entre otros, la conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como de sus cuencas hidrológicas; la ejecución de obras destinadas a la conservación, protección y generación de bienes y servicios ambientales; la protección y conservación de los ecosistemas que permitan mantener determinados procesos ecológicos esenciales y la diversidad biológica; y la protección y conservación de las zonas que sirvan de refugio a fauna y flora en peligro de extinción.

Esta ley, como la decretada a nivel federal, mantiene una visión integral que promueve la conservación y aprovechamiento forestal desde una planeación de microcuenca.

El estado de Guanajuato también cuenta con otros instrumentos importantes en términos de legislación ambiental, como es la Ley de Aguas para el estado de Guanajuato que tiene como objetivos: regular la planeación, gestión, conservación y preservación de las aguas de jurisdicción estatal, para lograr un desarrollo sustentable; y establecer las bases generales para que los muni-

Cuadro 3. Normas técnicas en materia ambiental en el estado de Guanajuato.

Tratado	Objeto
Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-001/98	Establece l as condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para su operación, y para la elaboración y cocido de piezas hechas con arcillas para la construcción.
Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-002/2007	Establece los lineamientos y especificaciones para la selección, operación, seguimiento, abandono, obras complementarias y medidas de regeneración ambiental de un sitio de extracción o explotación de materiales pétreos.
Norma Técnica Ambiental NTA-IEG-003/2001	Establece los requisitos para el manejo de los residuos industriales no peligrosos.
Norma Técnica Ambiental NTA-IEG-004/2000	Establece las condiciones para el manejo y la disposición de los residuos sólidos generados por la industria del calzado.
Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-005/2007	Establece las especificaciones para la gestión integral de los residuos agrícolas (esquilmos), así como para la prevención y control de la contaminación generada por su manejo inadecuado.
Norma Técnica Ambiental NTA-IEG-006	Establece los requisitos que deben cumplir e información que deben contener las manifestaciones de impacto ambiental en sus diferentes modalidades y los estudios de riesgo en el estado de Guanajuato

cipios presten el servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales. (POGEG, 2000*b*). Asimismo, se cuenta con la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato, publicada en 2005, así como los reglamentos correspondientes para cada una de las leyes, destacando el Reglamento de la LPPAEG en Materia de Áreas Naturales Protegidas (Decreto Gubernativo Número 176, Periódico Oficial del Gobierno del Estado del 19 de septiembre de 2000), así como los reglamentos internos de las instituciones competentes. Sin embargo, hay que anotar que en términos de normatividad no se cuenta con ninguna norma técnica ambiental en materia de biodiversidad, aspecto que deberá ser evaluado después de concluir el presente diagnóstico, ligándolo principalmente a las amenazas para la biodiversidad que se detecten (cuadro 3).

Conclusiones

Aun cuando desde el marco normativo a nivel federal se limitan muchas de las atribuciones estatales, dentro de las posibilidades de acción estatal hay que resaltar que no han sido ampliamente asumidas las atribuciones en las que sí puede comprometerse la entidad en varios aspectos ligados a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, como es el caso de la legislación en materia de vida silvestre, de acuacultura y de diversidad agroecológica.

La necesidad de fortalecer la legislación estatal es importante. La legislación es un reflejo de las políticas públicas, por ello se debe considerar el hecho de crear una regulación que se enfoque a la conservación de la biodiversidad fuera de las fronteras de las áreas naturales protegidas para fortalecer estos esfuerzos de manera integrada y no aislada.

Literatura citada

Azuela, A.M.A. Cancino, C. Contreras *et al.* 2008. "Una década de transformaciones en el régimen jurídico del uso de la biodiversidad", en *Capital Natural de México, vol. III, Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Brañes, R. 2000. *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, 2ª ed. México, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Carpizo, J. y J. Madrazo 1991. *Derecho Constitucional*. México, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Cortina, S. y M. Zorrilla. 2009. *Capacidades para la implementación de políticas públicas, en México: Capacidades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad*. México, CONABIO/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), pp. 117-159.

Díaz y Díaz, M. 2001. *El aprovechamiento de los recursos naturales: hacia un nuevo discurso patrimonial*. Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y Ambiente, A.C.

Leyes federales

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1988. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Última reforma publicada el 30 de agosto de 2011.

———. 1992. *Ley de Aguas Nacionales*, última reforma publicada el 20 de junio de 2011.

———. 2000. *Ley General de Vida Silvestre*, última reforma publicada el 16 de noviembre de 2011.

———. 2003. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*, última reforma publicada el 16 de noviembre 2011.

———. 2005. *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados*. Publicada el 18 de marzo.

———. 2007. *Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable*. Publicada el 24 de julio.

Leyes estatales

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2000*a*. *Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato*. Publicada el 8 de febrero de 2000.

———. 2000*b*. *Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato*. Publicada el 26 de mayo.

———. 2000c. *Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato, en Materia de Áreas Naturales Protegidas*. Publicado el 19 de septiembre.

———. 2005*a*. *Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado y los Municipios de Guanajuato*. Publicada el 15 de marzo.

———. 2005*b*. *Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato*. Publicada el 10 de mayo.

MARCO INSTITUCIONAL FEDERAL Y ESTATAL PARA LA BIODIVERSIDAD EN GUANAJUATO

María Zorrilla Ramos

Introducción

La conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica requieren de una institucionalidad sólida para impulsar y consolidar políticas públicas que impacten no sólo desde el sector ambiental, sino en coordinación con otros sectores. En este sentido, la presente contribución busca identificar las instituciones relevantes tanto a nivel federal como estatal para poder sumar a todos los involucrados en la Estrategia Estatal.

El texto se divide en tres apartados, el primero presenta las instancias de la Administración Pública Federal con atribuciones en la materia; el segundo apartado presenta la estructura de la administración pública en el estado e identifica las instituciones encargadas de manera directa de la política ambiental en el mismo; el tercer apartado presenta una reflexión sobre los retos institucionales en la materia.

Instituciones de la administración pública federal (APF)

La distribución de competencias en la APF está dada por la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF) y sustentada en las leyes generales y federales, así como en los reglamentos interiores de las Secretarías de Estado. La LOAPF no hace mención específica de la biodiversidad, pero sí señala en su artículo 32 bis las atribuciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), y en el artículo 35 se señalan las atribuciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Derivado de un análisis de ambos artículos (Cortina y Zorrilla, 2009) así como de las estructuras de ambos sectores, incluyendo sus organismos desconcentrados y descentralizados, a continuación se mencionan las instituciones con atribuciones específicas sobre el tema:

• Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)

Esta secretaría maneja los siguientes temas vinculados con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad:

· La planeación de la política pública ambiental, incluyendo política de ordenamiento ecológico del territorio y políticas de cambio climático.

· El diseño y la promoción de acciones de fomento y normatividad e instrumentos de gestión en los temas de vida silvestre; cambio de uso de suelo, así como la revisión y autorización de acciones con base en las manifestaciones de impacto ambiental, incluyendo las evaluaciones de riesgos de que los organismos genéticamente modificados de especies forestales pudieran ocasionar al medio ambiente y a la diversidad biológica.

• Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp)

Este organismo desconcentrado de la Semarnat tiene a su cargo el fomento y desarrollo de actividades tendientes a la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en sus áreas de influencia. Conduce la administración y el manejo de las Áreas Naturales Protegidas de competencia federal, que en el caso de Guanajuato sólo existe la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda.

• Comisión Nacional Forestal (Conafor)

Este organismo descentralizado de la Semarnat, si bien no tiene atribuciones directas sobre la biodiversidad, es la institución encargada de dirigir la política forestal y el desarrollo del sector. Además, tiene programas enfocados a pago de servicios ambientales, desarrollo forestal comunitario, combate a incendios, sanidad forestal así como conservación y restauración de suelos forestales. Todos ellos impactan directamente en la biodiversidad.

Zorrilla Ramos, M. 2012. “Marco institucional federal y estatal para la biodiversidad en Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 157-161.

• Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa)

A través de la Subprocuraduría de recursos naturales, vigila y verifica el cumplimiento de las disposiciones ambientales en la materia.

• Instituto Nacional de Ecología (INE)

Es un organismo desconcentrado que entre sus funciones está la de realizar y coordinar investigaciones para ofrecer apoyo técnico a las áreas operativas del sector. Cuenta con una dirección general de investigación de ordenamiento ecológico y conservación de ecosistemas.

También están la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA) que tienen atribuciones sobre la gestión integrada de los recursos hídricos. El vínculo entre el agua y la biodiversidad, sin embargo, no ha sido ligado aún a políticas e instrumentos específicos, siendo este un tema que deberá desarrollarse más puntualmente en el futuro.

Por su parte, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, si bien no tiene incluida de manera directa entre sus atribuciones disposiciones específicas con respecto a la biodiversidad, se ha identificado especialmente relevante el papel que juegan sus organismos desconcentrados y descentralizados (Cortina y Zorrilla, 2009).

• Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Este instituto tiene atribuciones para planear, programar y ejecutar acciones de investigación científica y desarrollo tecnológico agropecuario y forestal desarrollando a su vez conocimiento, innovación tecnológica e investigación de vanguardia.

• Instituto Nacional de la Pesca.

Este instituto, entre muchas de sus actividades, debe certificar las líneas genéticas de especies acuícolas que se producen en el territorio nacional. También realiza, orienta y formula investigaciones científicas de la flora y la fauna acuáticas y su medio ambiente

Existen también dos Comisiones Intersecretariales las cuáles tienen un papel preponderante para la conservación y el uso sustentable de la Biodiversidad.

• Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Esta comisión fue creada en 1992 y es encabezada por el Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, e incluye a 10 Secretarías de Estado. En el acuerdo presidencial por el cual fue creada se especifica que su objetivo es "coordinar las acciones y estudios relacionados con el conocimiento y la preservación de especies biológicas así como promover y fomentar actividades de investigación científica para la exploración, estudio, protección y utilización de los recursos biológicos tendientes a conservar los ecosistemas del país y generar criterios para su manejo sustentable" (DOF, 1992). La CONABIO, además de las acciones que realiza en cuanto a investigación e información para la biodiversidad es la entidad que da seguimiento a los acuerdos derivados del CDB y de otras convenciones internacionales en la materia y es la principal promotora de la instrumentación de Estrategias Estatales para la Biodiversidad.

• Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem)

Su principal objetivo es coordinar "las políticas de la administración pública federal mexicana relativas a la Bioseguridad y a la producción, importación, exportación, movilización, propagación, consumo y, en general, uso y aprovechamiento de Organismos Genéticamente Modificados, sus productos y subproductos".

Organización de la administración pública en el estado de Guanajuato

De acuerdo con el Artículo 3º de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo para el estado de Guanajuato (LOPEEG), la administración pública estatal se divide en:

• Administración Pública Centralizada (que comprende las Secretarías de Estado y la Procuraduría General de Justicia), y

• Administración Pública Paraestatal la cual "estará integrada por los organismos descentralizados, las empresas de participación estatal mayoritaria, los fideicomisos públicos, los patronatos, las comisiones y los comités, regulados conforme a la Ley" (artículo 3º, LOPEEG), estas dependencias se agrupan en diferentes sectores, siendo la Coordinadora de Sector la dependencia de la administración pública que regula un conjunto de entidades paraestatales (artículo 4º LOPEEG), sin embargo, de

acuerdo al artículo 43 de dicha ley, estas entidades cuentan con total autonomía.

La LOPEEG establece las atribuciones de las secretarías como coordinadoras de sectores, y en este sentido, a nivel de atribuciones establecidas en la Ley Orgánica, es la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES) la que, de acuerdo con el artículo 28 de la misma, "es la dependencia encargada de coordinar, fomentar y regular el desarrollo industrial, comercial y de servicios del Estado, impulsando el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales" (artículo 28, LOPEEG), más adelante, en la fracción II del mismo artículo, se establecen las atribuciones específicas en la materia. El primer aspecto que hay que señalar, es que a nivel de organización de la Administración Pública Estatal, la sustentabilidad está vinculada al desarrollo económico del estado, lo cual es una visión muy particular de la misma.

La política ambiental del estado de Guanajuato está directamente a cargo de tres entidades paraestatales: el Instituto de Ecología del Estado (IEE), la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado (Propaeg), estas dos sectorizadas de la SDES, así como la Comisión Estatal del Agua del estado de Guanajuato (CEAG), la que está sectorizada de la Secretaría de Desarrollo Social y Humano.

El Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee)

De acuerdo con el Artículo 4º del Reglamento Interior del Instituto contenido en el Decreto Gubernativo número 257 (POGEG, 2005) éste tiene como objetivo lo siguiente:

1. La investigación, generación y control de programas, planes, proyectos y acciones en materia ambiental, así como la atención en trámite de los asuntos de su competencia.
2. Establecer las políticas, normas, acuerdos y disposiciones administrativas de observancia general en el ámbito de su competencia, así como los sistemas y procedimientos, tanto de carácter técnico-normativo como de administración de sus recursos humanos, financieros y materiales, en congruencia con sus programas, objetivos y demás disposiciones jurídicas aplicables.
3. Dirigir las actividades de protección y preservación del ambiente, estableciendo los lineamientos, políticas y limitaciones que garanticen el desarrollo sustentable en el Estado.
4. Establecer los procesos y procedimientos a los que se deberán sujetar los trámites para la obtención de licenciamientos, permisos o autorizaciones que por su naturaleza corresponden a su competencia.

Como se observa en la figura 1 el instituto cuenta con seis direcciones operativas, siendo la Dirección de Recursos Naturales la que observa de manera directa los temas relacionados con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad a través de dos instrumentos: el ordenamiento ecológico del territorio y las áreas naturales protegidas (ambos temas se desarrollan en la contribución sobre Políticas públicas).

Procuraduría de protección al ambiente del estado de Guanajuato (Propaeg)

De acuerdo con el Decreto Gubernativo número 28, mediante el cual se expide el reglamento interior de esta institución, la Propaeg tiene a su cargo el desempeño de los asuntos que le encomienda la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato, la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, así como los reglamentos, decretos, acuerdos, normas técnicas ecológicas y demás disposiciones de carácter general dentro del ámbito de su competencia (POGEG, 2001*a*).

Dentro de la estructura de la Propaeg la Coordinación de Recursos Naturales es la encargada de vigilar el cumplimiento de la normatividad en materia de biodiversidad, ya que entre sus facultades está:

- Aplicar las estrategias y realizar las actividades de vigilancia en coordinación con la autoridad normativa de las áreas naturales protegidas de la entidad.
- Coordinar a los encargados de vigilar las áreas naturales protegidas.
- Aplicar las estrategias en relación con los convenios de coordinación en materia de protección de recursos naturales, que la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado suscriba con la Federación.

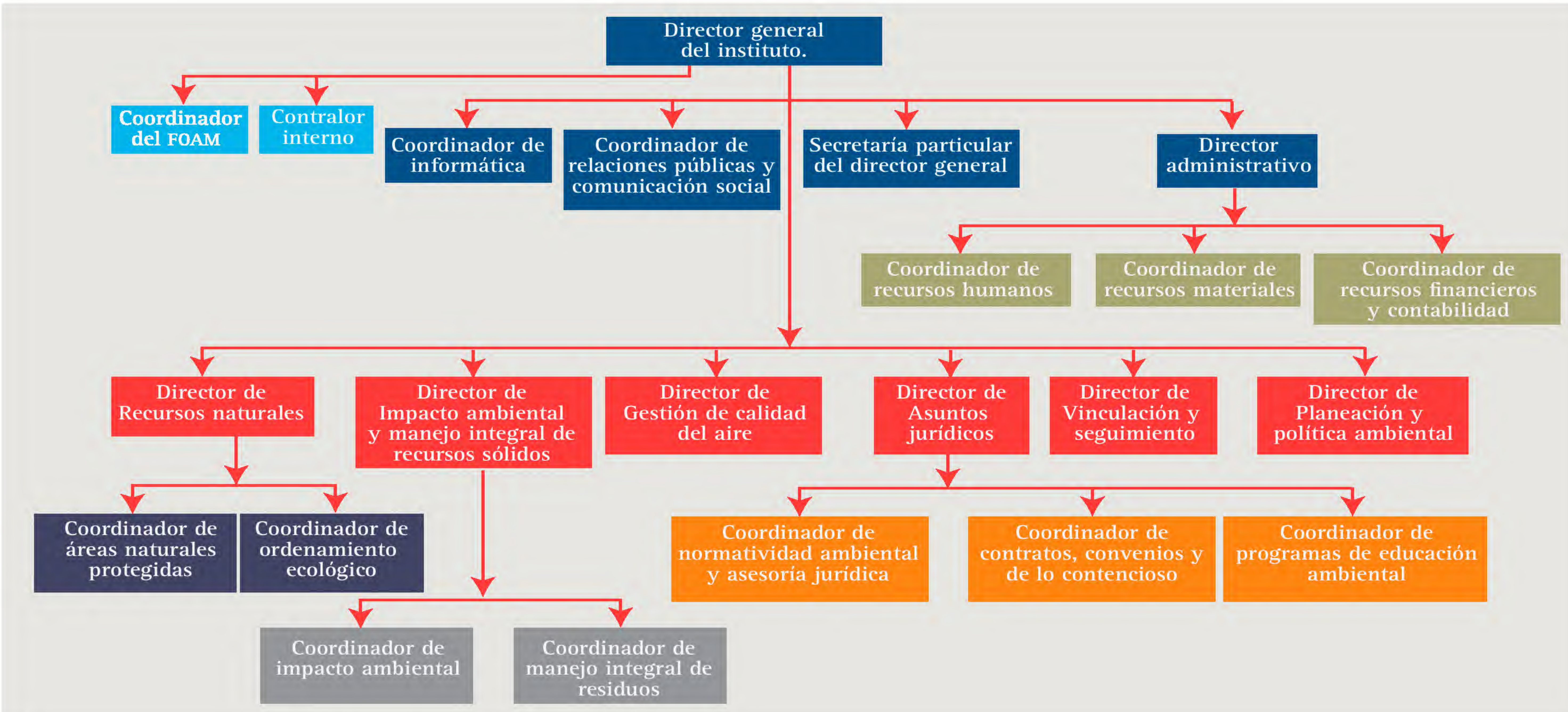


Figura 1. Organigrama del IEE. Fuente: Coordinación de Recursos Humanos, IEE, 2010.

Comisión estatal del agua de Guanajuato (CEAG)

En el reglamento interior de este organismo expedido por medio del Decreto Gubernativo número 24 (POGEG, 2001*b*), se describen sus principales funciones:

• Proponer el Programa Estatal Hidráulico de Gran Visión y el Programa Hidráulico de la Administración.

• Aplicar las políticas, estrategias, objetivos, programas y normas que conlleven al aprovechamiento óptimo de las aguas.

• Emitir, en coordinación con el Instituto Estatal de Ecología, las metas de calidad del agua en sus diferentes usos y reúsos, así como los plazos para alcanzarlas. Además, proponer los programas de saneamiento para la recuperación del medio ambiente y coadyuvar en el aseguramiento de la salud de las familias de Guanajuato.

• Promover hábitos que consideren al agua como un recurso vital y escaso que debe aprovecharse con racionalidad y eficiencia por todos los usuarios.

• Coadyuvar con las autoridades federales en la medición del ciclo hidrológico en cantidad y calidad; con el fin de lograr una mejor administración del recurso.

• Asesorar en la elaboración de los programas municipales de servicios hidráulicos, así como prestar apoyo, asesoría, capacitación técnica e investigación a los organismos operadores quienes son los encargados de llevar el agua a los guanajuatenses (CEAG, 2010).

En lo que respecta a otros organismos, destaca la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado (SDA), la que tiene a su cargo las políticas estatales en los temas de desarrollo rural, agricultura, ganadería, recursos forestales, pesca y acuacultura.

Finalmente, hay que destacar el papel del Instituto de Planeación del Estado de Guanajuato (Iplaneg), el cual tiene como objetivo "intervenir en los procesos de planeación a largo plazo mediante el impulso de la competitividad e innovación, integrando a los sectores social, privado y público, a fin de elevar la calidad de vida de los guanajuatenses a través de un desarrollo justo, equilibrado, integral y sustentable" (Iplaneg, 2010). Esta instancia es fundamental para sumar diferentes actores a las acciones para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad que se impulsen en la Estrategia Estatal.

Principales retos institucionales

Se ha hecho una breve descripción de las instituciones tanto federales como estatales que tienen que ver con la conservación y el uso susten-



Figura 2. Instituciones de la Administración Pública Federal y Estatal vinculadas directamente con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

table de la biodiversidad. La figura 2 muestra de manera muy sintética cuáles son estas instituciones, a partir de la cual se pueden obtener algunas conclusiones importantes:

El marco institucional en el estado de Guanajuato aún no es suficiente en comparación con el desarrollo que hay a nivel federal. El marco a nivel estatal permite cubrir los temas de áreas naturales protegidas, ordenamiento del territorio e inspección y vigilancia. Temas como vida silvestre, corredores biológicos, fomento a actividades productivas fuera de las ANP, esquemas de pagos por servicios ambientales con un enfoque en biodiversidad, entre otros, aún no cuentan con el marco institucional suficiente para ser desarrollados.

Si a esto se le suma la acción de otros sectores que no fueron analizados en esta contribución, pero que impactan de manera negativa la diversidad biológica del estado el panorama se hace más complejo. El sector industrial, la minería, la agricultura, la ganadería, el desarrollo de infraestructura de comunicaciones y transportes y el desarrollo urbano son temas que impactan fuertemente el estado de los recursos naturales.

En este sentido, el desarrollo de una estrategia tiene dos grandes retos institucionales: por una parte fortalecer el marco estatal existente para que la concurrencia de acciones entre órdenes de gobierno sea posible; y, por otra parte, sumar e involucrar a otros sectores para que consideren incorporar en sus acciones el enfoque de la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

Literatura citada

CEAG (Comisión Estatal del Agua). 2010. *http://www.guanajuato.gob.mx/ceag/conocenos.php*, última consulta 20 de noviembre de 2010.

Cortina, S. y M. Zorrilla. 2009. *Capacidades para la implementación de políticas públicas, en México: Capacidades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), pp. 117-159.

Iplaneg (Instituto de Planeación del Estado de Guanajuato). 2010. *http://iplaneg.guanajuato.gob.mx/web/guest/quienes-somos*, última consulta 20 de noviembre de 2010.

Leyes, reglamentos y decretos gubernativos

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1992. ACUERDO Presidencial de creación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Última reforma publicada el 11 de noviembre de 1994.

———. 2007. *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal*. Publicada el 1 de enero de 2007.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2000. *Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Guanajuato*. Publicada en el número 100, segunda parte, el 15 de diciembre.

———. 2001*a*. DECRETO Gubernativo número 28, mediante el cual se expide el Reglamento de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Última reforma publicada el 28 de noviembre de 2006.

———. 2001*b*. DECRETO Gubernativo número 24, mediante el cual se expide el Reglamento Interior de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. Publicado el 25 de junio.

———. 2005. DECRETO Gubernativo Número 257, mediante el cual, se expide el Reglamento Interior del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Publicado el 22 de diciembre.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD EN GUANAJUATO

Sergio I. Domínguez Ruiz

Introducción

La situación ambiental que hoy priva en la entidad es de avance en los procesos de degradación. La deforestación, urbanización, erosión del suelo e industrialización se mantienen como las principales presiones degradantes del medio y los ecosistemas. Determinadas áreas presentan elevados índices de contaminación, tanto de aire como de suelo y agua, mientras la pérdida de bosques, áreas naturales y la biodiversidad asociada son consecuencia del avance de la frontera agrícola y urbana (iee, 2009).

En la administración del gobierno actual se define que la política ambiental debe estar orientada a "detener y revertir el deterioro y agotamiento de los recursos naturales, para recuperar el patrimonio ambiental del estado que dé pie a un sólido desarrollo económico y social" (geg, 2006). Su visión es la de alcanzar el equilibrio hídrico y conservar la biodiversidad de la entidad mediante el mejoramiento de la gestión ambiental, la participación social y una sólida cultura ambiental. Esta política se inserta en el eje Comunidad Sustentable del Plan de Gobierno 2006-2012, que tiene como finalidad lograr un "entorno ordenado, con calidad de vida y calidez para las familias guanajuatenses" (geg, 2006).

El presente apartado aborda los instrumentos de política ambiental que se han utilizado en el estado, así como los esfuerzos realizados para una gestión ambiental intersectorial y transversal con el fin de atender problemas ambientales de origen múltiple y proponer soluciones integrales.

Instrumentos de política pública ambiental en el estado de Guanajuato

Los principales instrumentos de política ambiental con los que cuenta el estado son los siguientes:

- Áreas Naturales Protegidas.
- Ordenamiento Ecológico del Territorio.
- Indicadores de Sustentabilidad.
- Participación ciudadana.
- Centros regionales de competitividad ambiental.

Áreas Naturales Protegidas

El estado se ha abocado a la protección y conservación de las áreas naturales tomando en cuenta las políticas nacionales de conservación. El 2 de septiembre de 1997, el ejecutivo estatal decretó las Bases para la Integración del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato, con el fin de garantizar la preservación, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el estado (pogeg, 1997). A fin de dar mayor especificidad a lo establecido en 1997 y en el marco de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (pogeg, 2000), se decretó el 25 de enero de 2002 el Programa que establece el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas (Sanpeg), con el objeto principal de "proteger las áreas naturales del estado y mantener con el menor grado de perturbación y con posibilidades de uso público las áreas silvestres con ecosistemas valiosos o únicos, recursos genéticos, paisajes y valores naturales o culturales que forman parte del patrimonio estatal" (pogeg, 2002). Con este acto no sólo se dio certeza jurídica al Sanpeg, sino que se precisaron los criterios de conservación, participación ciudadana y financiamiento.

El Sanpeg comprende cinco categorías de acuerdo a sus características y objetivos de protección, que son: 1. Reserva de Conservación; 2. Área de Uso Sustentable; 3. Área de Restauración Ecológica; 4. Monumento Natural, y 5. Parque Ecológico. Cuentan para su administración con un sistema de participación social, a través

Domínguez Ruiz, S. I. 2012. "Políticas públicas para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 162-171.

de asociaciones civiles o comités técnicos, los cuales buscan dar permanencia y continuidad a los programas de manejo que en ellas se instrumentan y garantizar los objetivos de protección a largo plazo.

Las áreas naturales protegidas estatales están presentes en 28 de los 46 municipios de la entidad. Su superficie alcanza las 346 505.39 ha que representan el 83.93% de la superficie forestal estatal reportada para el año de 1999 (equivalente a 412 810 ha totales). Ello representa además 11.32% de la superficie total del estado. Por otra parte, el 2 de febrero de 2007, el Presidente de la República decretó la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, bajo la administración y responsabilidad de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de la Semarnat. Esta área natural protegida es la única de carácter federal en la entidad y abarca una superficie de 236 882 ha (Semarnat, 2007).

Considerando tanto las áreas naturales protegidas de carácter estatal como la reserva de la biosfera de carácter federal, en la entidad contamos con 583 388.15 ha bajo el régimen de protección, lo cual representa 19.06% del territorio del estado. Las Áreas Naturales Protegidas estatales suman así 22 (cuadro 1), más la Reserva de la Biosfera en Sierra Gorda.

Actualmente, la estrategia de conservación del Sanpeg se encuentra bajo revisión. La intención de ello es sentar las bases para rediseñar y reorientar las áreas naturales mediante políticas que permitan maximizar la conservación del germoplasma del Bajío guanajuatense y sus ecosistemas, así como consolidar la participación social. Por otro lado, actualmente se llevan a cabo los estudios para la publicación de los programas de manejo complementarios para algunas de las áreas que aún no los tienen. En otros casos se hacen las revisiones y actualizaciones de los mismos, como lo prevé el Reglamento de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato (POGEG, 2000).

Con el objetivo de reorientar la estrategia de conservación de espacios naturales hacia un mejor uso y aprovechamiento de la biodiversidad, se lleva a cabo un estudio para determinar la diversidad y distribución de vertebrados y redefinir las prioridades de conservación en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato. Este proyecto se ampliará posteriormente a las demás áreas naturales, lo que llevará a una posible reestructura de las áreas naturales protegidas para garantizar la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales que éstas ofrecen.

Ordenamiento ecológico del territorio

Otro instrumento de política ambiental fundamental para la conservación en Guanajuato la representa el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado (POETG). El POETG se publicó en 1999 y fue desarrollado por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Este hecho implicó que por primera vez en el contexto nacional una entidad federativa dispusiera de un instrumento de política ambiental que establecía los lineamientos para el uso del territorio, desde un enfoque de sustentabilidad del desarrollo.

El POETG se elaboró a escala 1:250 000 para todo el territorio del estado y a 1:50 000 únicamente para las áreas de atención prioritaria; su nivel de detalle es el de paisaje terrestre (POGEG, 1999). A la fecha, se registran dos actualizaciones del POETG (2004 y 2007) tendientes a perfeccionar sus alcances, aunque ninguna de ellas ha sido decretada. Actualmente se lleva a cabo una coordinación con el Instituto de Planeación del Estado de Guanajuato (Iplaneg) para vincularlo con la planeación territorial del desarrollo a través del Plan de Ordenamiento Territorial de Guanajuato.

El POETG se encuentra en fase de instrumentación a nivel municipal, para lo cual se realizan talleres regionales de consulta pública para la conformación de comisiones regionales. Se publicó el manual de aplicación del mismo, el cual se distribuye en todos los sectores. Así, se trabaja en la instrumentación de dos ordenamientos ecológicos en el nivel municipal, para los municipios de Apaseo el Alto y León.

Indicadores de sustentabilidad

Como suplemento de la política de Ordenamiento Ecológico se trabaja actualmente en un Sistema de indicadores de la Sustentabilidad de Gua-

Cuadro 1. Áreas Naturales Protegidas de control estatal, categorías y coordenadas geográficas.

Fecha de decreto	Categoría	Número de áreas naturales protegidas	Latitud norte		Longitud oeste		Superficie	Proporción de la superficie estatal
			Grados	Minutos	Grados	Minutos	Hectáreas	%
	Área de Uso Sustentable	**9**						
04-XI-1997	Sierra de Lobos	1	21	20	101	30	104 068.24	3.3994
06-VI-2000	Cuenca Alta del Río Temascatío	1	20	47	101	05	17 432.00	0.5694
06-VI-2000	Peña Alta	1	21	31	100	57	13 270.17	0.4335
30-VII-2002	Las Musas	1	20	37	101	54	3 174.76	0.1037
30-VII-2002	Cerros El Culiacán y La Gavia	1	20	22	100	55	32 661.53	1.0669
17-IX-2002	Sierra de los Agustinos	1	20	13	100	40	19 246.00	0.6287
07-V-2004	Cerro de los Amoles	1	20	5	101	17	6 987.61	0.2283
25-XI-2005	Cerro de Arandas	1	20	43	101	25	5 240.15	0.1712
25-XI-2005	Presa la Purísima y su Zona de Influencia	1	20	53	101	16	2 728.81	0.0891
25-V-1997	Sierra de Pénjamo	1	20	32	101	48	83 314 .10	2.7214
	Parque Ecológico	**5**						
16-XII-1997	Megaparque	1	21	09	100	58	28.44	0.0009
26-X-1999	Las Fuentes	1	20	40	101	02	109.03	0.0036
19-IX-2000	Parque Metropolitano	1	21	11	101	41	337.63	0.0110
23-II-2001	Lago-cráter la Joya	1	20	12	101	07	1 479.00	0.0483
	Monumento Natural	**1**						
21-XI-1997	Región Volcánica Siete Luminarias	1	20	23	101	13	8 928.50	0.2917
	Reserva de Conservación	**2**						
06-III-1998	Cuenca de la Esperanza	1	21	04	101	14	1 832.65	0.0599
06-VI-2000	Pinal del Zamorano	1	20	59	100	12	13 862.55	0.4528
	Zona de Restauración Ecológica	**5**						
02-XII-1997	Presa de Silva y Áreas Aledañas	1	20	57	101	53	8 801.39	0.2875
13-XI-2001	Laguna de Yuriria y su Zona de Influencia	1	20	15	101	08	15 020.50	0.4906
18-XI-2003	Cerro del Cubilete	1	21	00	101	22	3 611.79	0.1180
18-VIII-2006	Cuenca de la Soledad	1	21	04	101	16	2 782.01	0.0909
15-IX-2006	Presa de Neutla y su Zona de Influencia	1	20	44	100	52	2 012.45	0.0657
	Totales	**22**					**346 505.39**	**11.32**

najuato. Este sistema se inició desde el año 2000 aunque su actualización fue interrumpida. Sin embargo, actualmente se está recuperando lo hecho y se reactiva esta valiosa herramienta con nuevos conceptos. Este sistema se desarrolla en cinco etapas: 1. identificación de sistemas de indicadores; 2. selección y rediseño; 3. necesidades de información; 4. programa de búsqueda de información, y 5. alimentación del sistema. Se ha avanzado en el diseño del sistema de indicadores y actualmente se está en la fase de búsqueda de información para alimentar el sistema. Parte relevante de su diseño lo constituyen las fichas de indicadores, las cuales, una vez que contengan las series de datos, permitirán no sólo apreciar los cambios de valor de cada indicador sino hacer proyecciones e interpretarlas. Con ello se espera contar con elementos de seguimiento de los principales aspectos del medio ambiente para la definición de políticas.

Participación ciudadana

En materia de participación ciudadana para la gestión ambiental y más precisamente para la conservación, se cuenta en el estado con el apoyo del Consejo Estatal de Ecología, el cual es un órgano consultivo del IEE. Está conformado por ocho sectores: investigación; educación básica, media superior y superior; organismos colegiados de profesionistas; organizaciones sociales obreras; organizaciones sociales agropecuarias; organizaciones empresariales; organizaciones ambientalistas no gubernamentales, así como habitantes de las áreas naturales protegidas. Este último está representado por el responsable de una de la áreas naturales protegidas en el estado.

Centros regionales de competitividad ambiental

Finalmente, se cuenta con 11 Centros Regionales de Competitividad Ambiental (Cerca) los cuales brindan servicios de capacitación, educación ambiental y acceso a la información en materia ambiental, a los industriales, municipios, organizaciones de la sociedad civil, instituciones de educación, entre otros, para mejorar el cuidado ambiental. Estos espacios se localizan en 10 municipios, a partir de los cuales se amplía la oferta de servicios a los municipios contiguos. Algunos centros son administrados y operados por organizaciones no gubernamentales y otros por los municipios, bajo un convenio de administración y de apoyo económico suscrito con el Gobierno del Estado. Su trabajo lo desarrollan en forma coordinada con el IEE (cuadro 2).

Esfuerzos intersectoriales para la gestión ambiental en Guanajuato

El gobierno del estado realiza diversos esfuerzos coordinados para desarrollar una gestión ambiental intersectorial impulsando así el desarrollo sustentable, como una estrategia transversal y coordinada para la atención de diversos problemas ambientales que, por su gravedad, demandan una gestión innovadora.

Los esfuerzos se hacen no sólo entre dependencias y entidades estatales sino también en coordinación con las instancias federales y municipales, para atender la problemática ambiental de sitios prioritarios para la conservación de los recursos naturales, definidos tanto por su problemática ambiental como por su importancia para la conservación. Dentro de éstos se encuentra el municipio de Salamanca, en particular su zona urbana; la ciudad de León y la cuenca hidrológica de la laguna de Yuriria. Igualmente, se realizan esfuerzos coordinados para atender problemas no localizados como son el cambio climático antropogénico y el uso dispendioso de energía (POGEG, 2009).

Las acciones de coordinación para la atención de los problemas ambientales complejos se han enfocado al mejoramiento de la calidad del aire, la restauración de ecosistemas prioritarios degradados, por ser fuentes de abastecimiento de agua, ahorro de energía y uso de fuentes alternas, cambio climático y financiamiento. Sabemos que faltan muchos, pero hemos empezado por atender estos con la esperanza de sentar un precedente que favorezca la ampliación de sus alcances en el futuro.

Proaires

En agosto de 2008 se firmaron dos convenios de coordinación entre el gobierno federal, el go-

bierno estatal y los gobiernos municipales para instrumentar Programas de Gestión de la Calidad del Aire (Proaire), en los municipios de Salamanca 2007-2012 (Proaire-Salamanca, 2007) y León (2008-2012) (Proaire-León, 2008), con el objetivo de proteger la salud de la población de los efectos nocivos de la contaminación atmosférica. Como parte de este esfuerzo, se fortalecieron las redes de monitoreo atmosférico en ambas urbes. Los Proaire constituyen instrumentos fundamentales para desarrollar políticas públicas transversales, que exigen la coordinación de los tres niveles de gobierno, sectores involucrados, instituciones académicas, privadas y sociales.

La ciudad de Salamanca registra altas concentraciones de algunos contaminantes atmosféricos (partículas suspendidas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos) que, aunados a las características geográficas y meteorológicas de la región, que producen una baja dispersión de los mismos, la han convertido en la quinta zona más contaminada del país (IEE, 2007). El Proaire en Salamanca, que se presentó por primera vez en 2004, concertó la participación de los tres órdenes de gobierno, Petróleos Mexicanos (Pemex) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Las acciones realizadas en el marco del Proaire en Salamanca, han resultado en una disminución de contaminantes, principalmente emitidos por Pemex y CFE. Sin embargo, el incremento en el número de vehículos de carga, pasajeros y particulares por las vialidades urbanas impacta aún sustantivamente a la calidad del aire.

El gobierno del Estado, a través del IEE creó el Proyecto Salamanca Limpio como suplemento al Proaire, el cual persigue la meta de librar a la ciudad de precontingencias por contaminación atmosférica. El Proaire de Salamanca 2007-2012 es producto del esfuerzo de las autoridades: municipales, estatales y federales, así como de la sociedad civil, la comunidad académica y el sector privado (Proaire-Salamanca 2007).

Como parte del Proaire Salamanca se instrumenta el Programa de Conservación y Captura de Carbono en el área natural protegida estatal Cuenca Alta del Río Temascatío, área que se localiza al norte del municipio Salamanca. Dentro del área existe un problema de erosión severa, por lo que se están realizando acciones para la regeneración y conservación del suelo y la vegetación, de forma que se garantice que dicha área siga cumpliendo su función en la recarga del acuífero de la región central del estado. Con este proyecto se han logrado disminuir problemas de salud en la población de las localidades del ANP y mejorar la calidad del aire en Salamanca.

Cuadro 2. Centros Regionales de Competitividad Ambiental del estado de Guanajuato.

	Cerca	Municipio
1.	Dolores Hidalgo	Dolores Hidalgo
2.	Fundación Ecológica Las Palomas	Guanajuato
3.	Área Natural Protegida La Purísima	Guanajuato
4.	Parque Los Cárcamos	León
5.	Sierra de Lobos	León
6.	Ecoparque	Salamanca
7.	Salvatierra	Salvatierra
8.	Presa de Silva	San Francisco del Rincón
9.	Centude (Centro Turístico de Desarrollo Económico)	Tarandacuao
10.	Área Natural Protegida Siete Luminarias	Valle de Santiago
11.	Área Natural Protegida Laguna de Yuriria	Yuriria

Fuente: Coordinación de Educación Ambiental, IIE, 2007.

Por otra parte, el municipio de León, uno de los más grandes del estado, cuenta con la ciudad más poblada y con la mayor flota vehicular en la entidad. Se ubica como uno de los municipios claves para la economía del estado, pero también como el principal generador de monóxido de carbono (CO) y de óxidos de nitrógeno (NO_x). Si bien se reconoce que León aún no presenta graves problemas de contaminación atmosférica de manera generalizada, en los últimos dos años algunas zonas del municipio han superado los valores normados para partículas menores a 10 micras (PM_{10}) y para el ozono (O_3). De esta forma el Proaire León 2008-2012, establece acciones integrales para prevenir y controlar la

contaminación atmosférica causada por la actividad del transporte, la industria, los comercios y los servicios. Además, incorpora criterios claros para el uso y la conservación de los recursos naturales, específicamente en su estrategia Restauración y Conservación de los Recursos Naturales y Planeación del Desarrollo Urbano, a través de varios objetivos entre los que destacan: *Actualizar el Plan Director de Desarrollo Urbano y el Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial de León, y Restaurar y conservar los recursos naturales en las Áreas Naturales Protegidas de Sierra de Lobos y Parque Metropolitano* (Proaire-León 2008).

Este programa fue desarrollado por los gobiernos federal, estatal y municipal, además de la participación de la sociedad civil a través de un foro de consulta. En particular se contó con el apoyo de las autoridades estatales y municipales de los sectores transporte, salud, desarrollo social y desarrollo urbano y rural. Asimismo, destacó la participación de la Universidad de Guanajuato.

Conservación de la laguna de Yuriria

Otra acción que implica un esfuerzo intersectorial relevante es el proyecto Conservación de la Laguna de Yuriria y su Zona de Influencia (figura 1). La laguna de Yuriria constituye uno de los cuerpos de agua dulce más importantes del estado que durante las últimas décadas ha presentado un notable deterioro ecológico por descargas de aguas residuales del río Lerma y la mayor parte de comunidades vecinas, la proliferación del lirio acuático y la disminución de la calidad de vida de sus habitantes (López López, 2007). La laguna de Yuriria es un Área Natural Protegida Estatal con la categoría de Restauración Ecológica desde el año 2001. Fue designada como sitio Ramsar en el año 2004, con el número 1361, por considerarse un humedal de importancia internacional, dada su relevancia como hábitat de aves acuáticas residentes y migratorias así como por los servicios ambientales que proporciona (Ramsar, 2011).

El proyecto busca mejorar las condiciones de vida de las comunidades aledañas a la laguna y en toda la subcuenca a través de acciones tendientes a conservar, restaurar y aprovechar sustentablemente los recursos naturales de la laguna y su subcuenca, para el desarrollo y mejoramiento de todo el ecosistema. Incluye a los municipios de Yuriria, Valle de Santiago, Salvatierra, Santiago Maravatío, Uriangato y Moroleón.

Esta iniciativa es uno de los proyectos prioritarios denominados "Contigo Vamos" de la presente administración. Es instrumentado y supervisado por el Comité para la Conservación de la Laguna de Yuriria, presidido por el gobernador del estado, licenciado Juan Manuel Oliva Ramírez, y liderado por el IEE, en corresponsabilidad con la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES) y la Coordinación General de Programación y Gestión de la Inversión Pública (COPI). Participan además, en la instrumentación de acciones, la Secretaría de Desarrollo Turístico (Sedetur), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA), la Secretaría de Desarrollo Social y Humano (SDSH) y la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado (Propaeg) (figura 2).

Comisiones intersecretariales

En materia de problemas ambientales no localizados, el Gobierno del Estado ha impulsado la creación de las Comisiones Intersecretariales de Cambio Climático y de Energía, con la finalidad de definir diversas estrategias de adaptación al cambio climático y de mitigar las emisiones que causan el cambio climático global.

En cuestión de cambio climático, la entidad ha desarrollado una iniciativa propia al crear la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de Guanajuato (Coclima), mediante decreto del ejecutivo del día 2 de octubre del 2007 (POGEG, 2007*a*). Su finalidad es coordinar que las dependencias y entidades del poder ejecutivo estatal impulsen, promuevan, planifiquen y ejecuten acciones articuladas y concertadas de prevención, mitigación y adaptación al cambio climático, a fin de lograr un desarrollo sustentable en el estado. Guanajuato es así el primer estado de la República Mexicana en conformar una comisión de este tipo en la materia, a través de la cual se empieza a realizar no sólo la agenda para el cambio climático sino también la tan pretendida gestión transversal para el medio ambiente y los recursos naturales, mediante el involucramiento

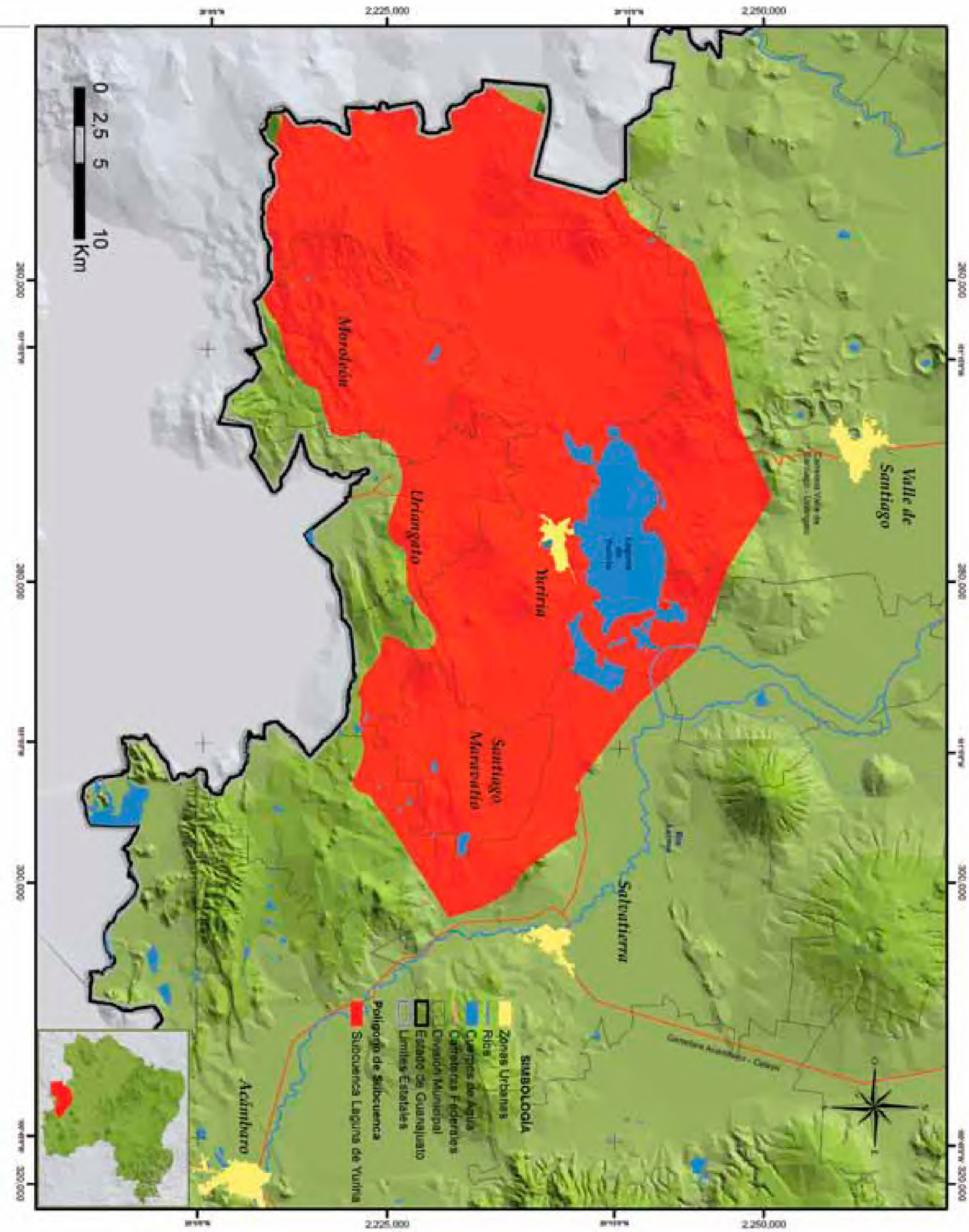


Figura 1. Subcuenca de la laguna de Yuriria.

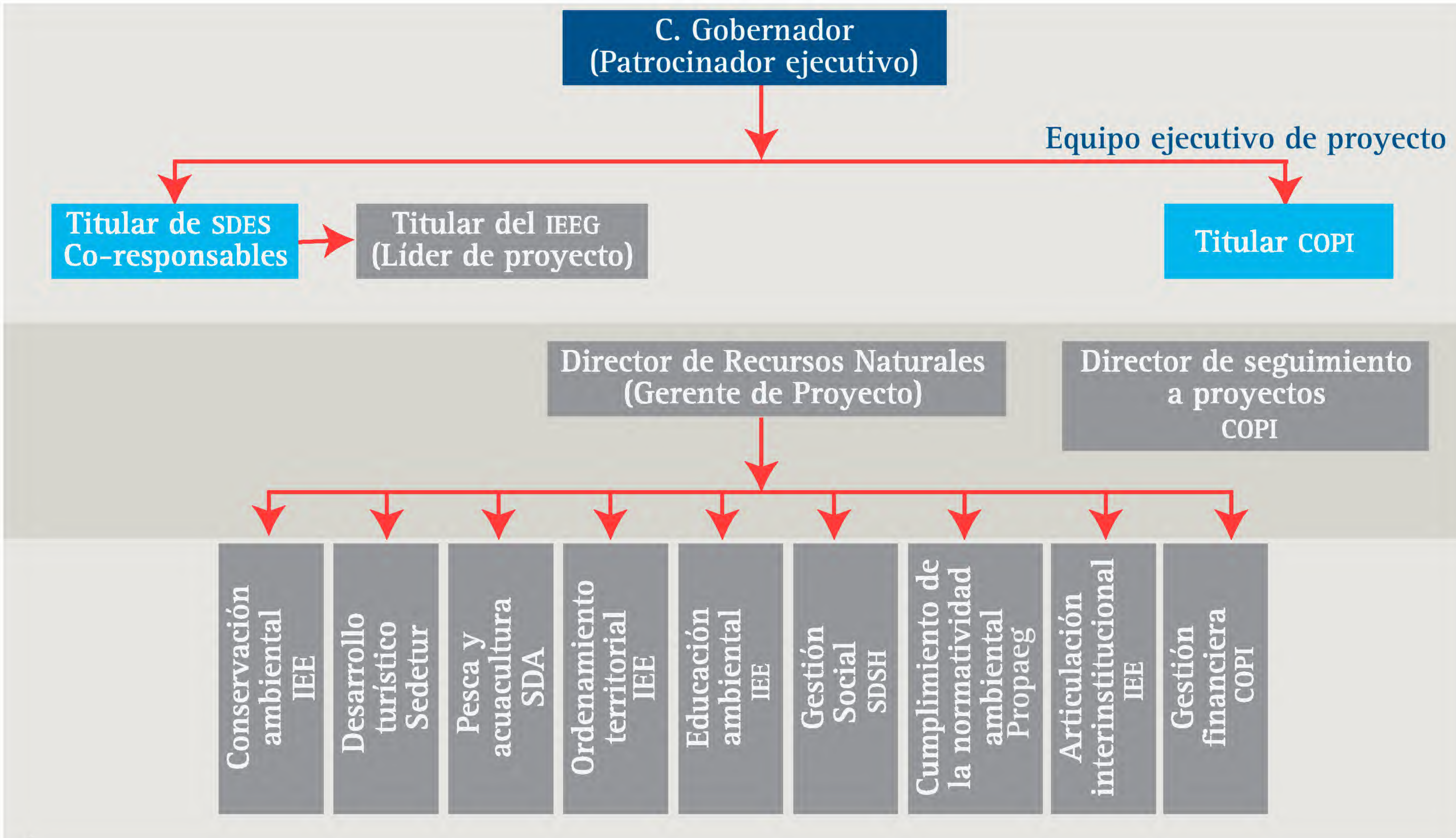


Figura 2. Comité de Seguimiento del Proyecto Conservación de la Laguna de Yuriria.

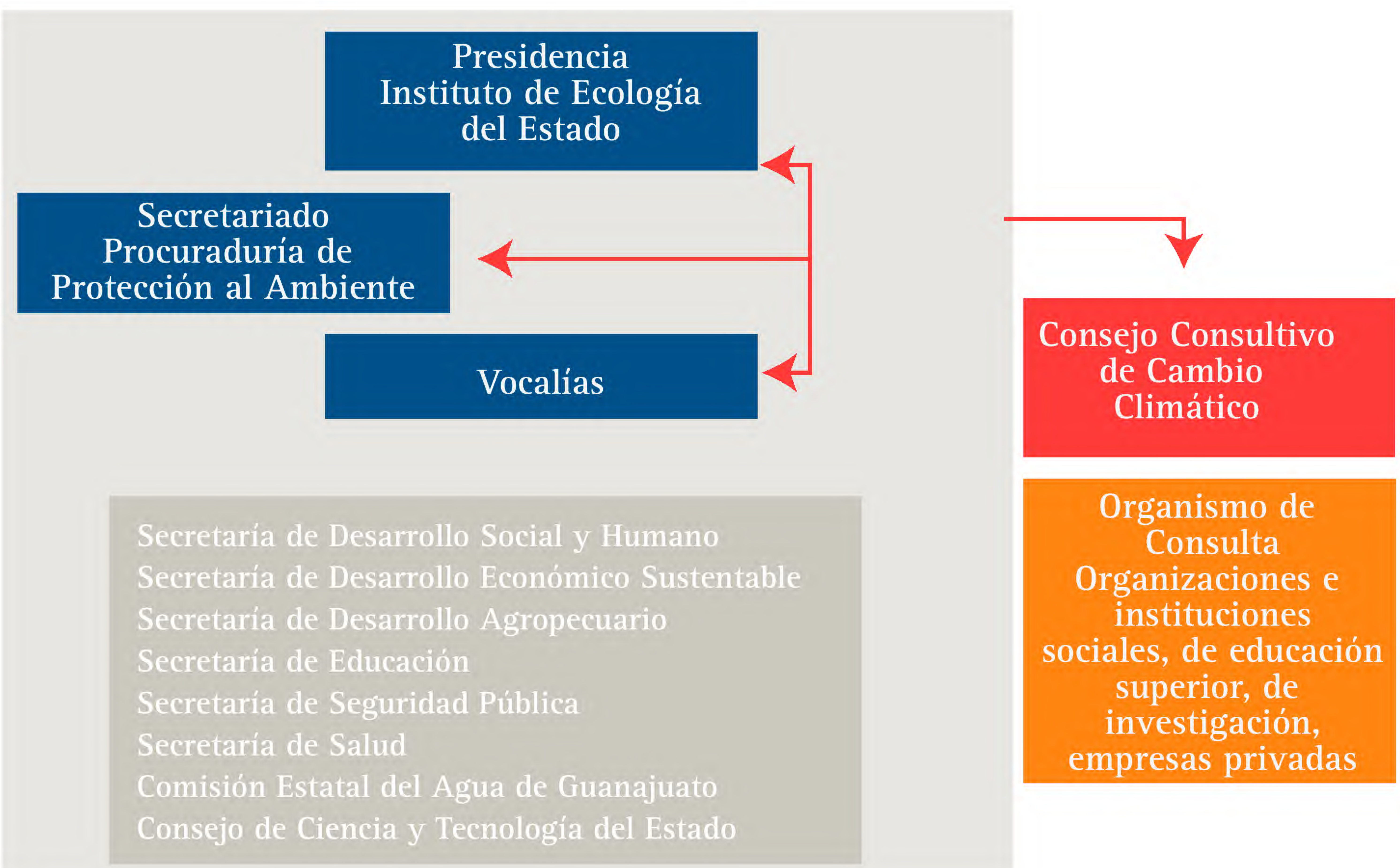


Figura 3. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de Guanajuato: Coclima. Fuente: Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2 de Octubre del 2007.

de diferentes dependencias de gobierno, sectores económicos y sociedad civil.

La Coclima está integrada por la mayor parte de las dependencias y entidades del gobierno estatal y es presidida por el IEE, con el secretariado bajo responsabilidad de la Propaeg (figura 3). La Coclima define cuatro grupos de trabajo para atender los principales asuntos relacionados con el cambio climático, que son: 1. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (coordinado por el IEE); 2. Estrategias de Mitigación (coordinado por Propaeg y el Consejo de Ciencia y Tecnología de Guanajuato (Concyteg); 3. Diagnóstico de Vulnerabilidad, coordinado por la Comisión Estatal de Agua (CEAG), y 4. Estrategias de Adaptación (coordinado por Propaeg).

En el marco de la Estrategia Estatal de Cambio Climático, la Comisión desarrolla el Programa Especial de Cambio Climático de Guanajuato, el cual busca contar con un diagnóstico integral, desarrollar escenarios de vulnerabilidad, proponer acciones de adaptación y mitigación, concienciar y educar a la población en el tema de cambio climático y cuidado ambiental y proponer esquemas de financiamiento, entre otros.

Por otra parte, la presente administración realiza esfuerzos específicos en materia de mitigación del cambio climático y seguridad energética, con la finalidad de establecer en el estado una política energética sustentable que beneficie a las comunidades y al ambiente. Para cumplir con este planteamiento, el Ejecutivo del Estado decretó, el 13 de Noviembre de 2007, la constitución de la Comisión Intersecretarial de Energía (CIE) (POGEG, 2007*b*).

Dicha comisión tiene por objeto que las dependencias y entidades de la administración pública estatal promuevan el ahorro y uso eficiente de la energía y fomenten el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en el estado, a través de la promoción de infraestructura para el uso de la energía renovable; así como aprovechar las oportunidades y desarrollar capacidades para la reducción de gases de efecto invernadero. Dentro de las funciones de la Comisión se contempla la elaboración del Programa Estatal de Diversificación y Eficiencia Energética (Prodieg) y es coordinada por Concyteg. Esta comisión funge como órgano de consulta del Poder Ejecutivo en materia de energía sustentable en el estado y diseña los mecanismos para permitir ampliar la visión y estrategias de la Comisión Intersecretarial de Energía de Guanajuato por medio de la participación de la sociedad civil, la academia y los científicos.

La comisión está integrada por: el titular de la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable, presidente; el titular de la Secretaría de Educación; el titular de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario; el titular de la Secretaría de Desarrollo Social y Humano; el Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, quien funge como Secretario Técnico; el Director General del Instituto de Ecología del Estado; el Procurador de Protección al Ambiente del Estado, y el Director General del Instituto de Vivienda del Estado de Guanajuato.

Fondo ambiental

Desde el año 2000 se cuenta con el Fondo para el Mejoramiento y Descentralización Ambiental del Estado de Guanajuato (FOAM) que financia a los gobiernos municipales en la ejecución de proyectos ambientales y de recursos naturales prioritarios. Este fondo gubernamental se integra con recursos provenientes del programa de verificación vehicular en la entidad, y es considerado el primero en su tipo a nivel nacional. Hasta ahora el fondo opera con una sola fuente de recursos y se trabaja para articular ingresos de otras fuentes. Lo preside el Gobernador Constitucional del estado e integra como vocales a los secretarios y titulares de las siguientes dependencias: Finanzas y Administración; Desarrollo Económico Sustentable; Desarrollo Social y Humano; Desarrollo Agropecuario; Gestión Pública; Instituto de Ecología del Estado, y Comisión Estatal del Agua.

El fondo es administrado a través de un Fideicomiso Público de Inversión y Administración, constituido con Banamex, y cuyo destino es financiar con apoyos recuperables o con apoyos no recuperables los proyectos sociales en materia de recursos naturales, contaminación de aire y suelos, agua y saneamiento, entre otros.

Conclusiones

En esta contribución se han presentado los principales instrumentos de política ambiental impulsados desde la actual administración. Si bien en términos específicos de conservación y uso sustentable de la biodiversidad el único instrumento que se tiene es el Sanpeg, es importante considerar que todo lo aquí mencionado influye de manera integral en el estado del medio ambiente y los ecosistemas de Guanajuato. Teniendo el panorama de todos estos instrumentos de manera conjunta, se observa que estos esfuerzos comienzan a realizar la histórica misión de efectuar una gestión ambiental transversal, lo que no tiene precedente en la historia ambiental de Guanajuato. Sin embargo, uno de los grandes retos es sumar a otros sectores que tradicionalmente no han sido vinculados con el sector ambiental (como es la industria, el turismo y el desarrollo urbano, entre otros) bajo esta premisa y desde la perspectiva del IEE, de continuar con los esfuerzos mencionados en esta contribución, el enfoque transversal irá extendiéndose hasta abarcar los problemas más graves en nuestro medio ambiente, basados en la coordinación interinstitucional y la participación social.

Literatura citada

GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 2006. *Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato 2006-2012, Contigo Vamos*.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2007. *La Calidad del Aire en Guanajuato Informe 2006 de estado y de tendencias, Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato*.

———. 2009. *Informe Ambiental del Estado de Guanajuato 2008*, Gobierno del Estado de Guanajuato (GEG), p. 25.

López López, E. 2007. *Evaluación de la Salud de la Laguna de Yuriria, una Integración de la Calidad del Agua, el Estado Trófico y la Respuesta de Biomarcadores de daño temprano*, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN)/ Proyecto del Fondo Mixto Conacyt/GEG.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 1997. Bases para la Integración del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato, DECRETO Gubernativo núm. 68, publicado el 2 de septiembre.

———. 1999. DECRETO Gubernativo núm. 116 por medio del cual se expide el Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato, publicado el 9 de abril.

———. 2000. *Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato, en Materia de Áreas Naturales Protegidas*, publicado el 19 de septiembre.

———. 2002. Programa que establece el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas, DECRETO Gubernativo núm. 108, 19 de febrero.

———. 2007*a*. DECRETO Gubernativo núm. 53, por medio del cual se crea la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato, publicado el 2 de octubre.

———. 2007*b*. DECRETO Gubernativo núm. 58, mediante el cual se constituye con carácter de permanente la Comisión Intersecretarial de Energía de Guanajuato, publicado el 13 de noviembre.

———. 2009. *Programa Estatal de Protección al Ambiente de Guanajuato Visión 2012*. 3 de julio de 2009.

Proaire-León (Programa para Mejorar la Calidad del Aire) 2008. León 2008 -2012. GEG/Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)/Secretaría de Energía (SE)/IEE, Presidencia Municipal de León, Guanajuato y Colaboración Especial Universidad de Guanajuato, México.

——— 2007. *Salamanca* 2007-2012. Gobierno del Estado de Guanajuato, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Energía, Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, Presidencia Municipal de Salamanca, Guanajuato.

Ramsar (Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional). 2011. Sites Information Center. *http://ramsar.wetlands.org/Database/Searchforsites/tabid/765/Default.aspx.*, última consulta enero de 2011.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato localizada en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en el estado de Guanajuato, publicado el 2 de febrero.

LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE POLÍTICAS, PLANES Y PROGRAMAS PÚBLICOS COMO INSTRUMENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Héctor Enrique Rodríguez Chávez | Daniel Rodríguez Betancourt

Introducción

La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual se establecen las condiciones a que se sujetarán la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, con el fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio ambiente (DOF, 1988).

En el estado de Guanajuato, la evaluación del impacto ambiental es una herramienta que contribuye a la protección y conservación de la biodiversidad, ya que aporta elementos para el control de los impactos ambientales generados por una obra o actividad, toda vez que la mayoría de éstas deben cumplir con el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), el cual es regido por la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente (DOF, 1988), la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (LPPAEG), la Ley General de Vida Silvestre (DOF, 2000), así como sus respectivos reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Técnicas Ambientales del estado (NTA).

La LGEEPA, para la evaluación del impacto ambiental, contempla las siguientes modalidades: Informe Preventivo, Particular, Regional, Riesgo y Estudio Técnico Justificativo, para los cambios de uso de suelo forestal.

La LPPAEG actualmente contempla las modalidades: General A, General B, General C, Intermedia y Específica, así como los Estudios de Riesgo (POGEG, 2000).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) menciona los principales sectores que han promovido proyectos en el estado de Guanajuato en materia de impacto ambiental durante el periodo que abarca de 2005 a 2008, en orden de importancia han sido: el hidráulico (56%), la obra civil en zona federal (28%), el forestal (12%), vías generales de comunicación (3%), el industrial y obras en ANP con 1.5% (Semarnat, 2009).

Los proyectos que se han sometido a la evaluación del impacto ambiental por parte del estado durante el mismo periodo han contemplado: obra civil (37.07%), vías generales de comunicación (10%), industria y riesgo (12.77%) y en bancos de materiales (44.16%), siendo la explotación de materiales pétreos la actividad que sobresale, ya que causa afectaciones ambientales por la pérdida de suelo, desmonte y despalme, así como de las condiciones originales de la topografía en estas zonas afectadas (IEE, datos sin publicar).

Evaluación de las políticas públicas en materia ambiental

Las políticas públicas son, en la mayoría de los países, las fuerzas motrices más notorias por su alcance (temático, geográfico y temporal); específicamente las políticas de conservación y de protección de especies, aunque esenciales, no son suficientes para frenar el ritmo actual de pérdida de biodiversidad.

Asimismo, el modelo de desarrollo económico prevaleciente, basado en el creciente consumo de recursos naturales (que supera ya la capacidad de carga de muchos ecosistemas) y los impactos de las políticas económicas y sectoriales –incluyendo el desarrollo urbano, la creación de infraestructuras y las políticas energética, agrícola, industrial y pesquera– afectan profundamente a la biodiversidad (UICN, 2008).

Por lo anterior, es evidente que la evaluación del impacto ambiental debe adaptarse al crecimiento acelerado del desarrollo tecnológico e industrial, el cual provoca afectaciones ambientales, incluyendo la pérdida de biodiversidad, sobre todo en áreas bien conservadas; también

Rodríguez Chávez, H. E. y D. Rodríguez Betancourt. 2012. “La evaluación ambiental estratégica de políticas, planes y programas públicos como instrumento para la conservación de la biodiversidad” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 172-173.

se puede decir que en el procedimiento de la evaluación del impacto ambiental (marcado por los criterios y plazos de evaluación) no existe coordinación con los procedimientos administrativos que se gestionan ante las autoridades estatales, federales y municipales, por lo que se deberá contemplar la unificación de criterios implementando la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), importante instrumento para la integración ambiental que supera las deficiencias del enfoque de la Evaluación del Impacto Ambiental (Gómez-Orea, 2007).

La fuerza de la evaluación ambiental estratégica consiste en integrar como primer paso el medio ambiente en el proceso de formulación de políticas, planes y programas (PPP) con la correcta incorporación de la información ambiental y legal, así como en verificar la realidad de ello y publicar resultados.

La integración implica incorporar sensibilidad, compromiso, conocimiento y criterio ambiental al proceso de elaboración de PPP y evaluar el resultado conseguido a través de la identificación, valoración, prevención y seguimiento de los impactos que se producirán en caso de ejecutarse.

Por lo anterior, el procedimiento de la EAE exige al ambientalista una buena formación en materia de planificación y, en particular, conocer:

a) El concepto y espíritu de la EAE; *b*) La legislación que la regula; *c*) Qué es un Plan y cómo se hace, identificar los principios de sostenibilidad y los criterios de integración ambiental; *d*) Definir y "leer" el "entorno" de un Plan, integrar la información en su elaboración; *e*) Elaborar el documento técnico en que se basa la EAE, así como el Informe de Sostenibilidad Ambiental; *f*) Diseñar y conducir el proceso de participación pública, consustancial a la EAE (Gómez-Orea, 2007).

Es importante resaltar que la evaluación ambiental estratégica contribuye a integrar los procesos de planificación y de toma de decisiones en el marco del desarrollo sostenible, conociendo las ventajas operativas y económicas de la aplicación de la misma a las políticas públicas mediante el uso del principio de precaución en fases estratégicas y la mitigación de los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos, de la misma manera facilita la participación ciudadana en la selección de formas alternativas de desarrollo y por lo tanto de manejo de ecosistemas.

Conclusiones

Tomando en cuenta los conceptos anteriores, se considera que hoy en día la Evaluación Ambiental Estratégica es uno de los más completos instrumentos de ayuda en la decisión sobre los potenciales efectos que pudieran causar los proyectos al medio ambiente.

Asimismo, es considerada como un proceso para integrar el concepto de sostenibilidad desde los más altos niveles directivos y de investigación en que se adoptan las decisiones acerca de los métodos de desarrollo.

La EAE ayuda a quienes toman decisiones a llegar a un mejor entendimiento de cómo encajan entre sí las consideraciones ambientales, sociales y económicas. Sin esa comprensión, corremos el riesgo de convertir los éxitos de desarrollo de hoy, en los retos ambientales del mañana.

Literatura citada

Gómez-Orea, D. 2007. *Evaluación Ambiental estratégica*. México, Ediciones Mundi-Prensa.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1988. *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. Última reforma publicada el 30 de agosto de 2011.

———. 2000. Ley General de Vida Silvestre, última reforma publicada el 16 de julio de 2011.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2000. *Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato*, última reforma publicada el, 12 de noviembre de 2004.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. *http://www.semarnat.gob.mx/estados/guanajuato/servicios/Paginas/gestion.aspx*, última consulta en 2009).

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales). 2008. *http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/IUCNPolicy/Resolutions/2008_WCC_4/Spanish/RES/res_4_091_la_evaluaci%C3%B3n_ambiental_estrat%C3%A9gica_de_pol%C3%ADticas_p%C3%BAbl.pdf*, última consulta en 2009).

LOS MUNICIPIOS Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: EL RETO DE LA GESTIÓN LOCAL

Oscar Báez Montes | María Zorrilla Ramos

Introducción

La gestión municipal en materia ecológica y específicamente en materia de diversidad biológica es un tema pendiente tanto en la agenda ambiental nacional como en la estatal. Si bien la autonomía municipal está consagrada en el artículo 115 constitucional, específicamente hablando en materia de conservación de la diversidad biológica, ésta se encuentra supeditada a los campos que no son ni de jurisdicción federal ni estatal.

De la fracción III del artículo 115 constitucional destacan los siguientes aspectos que pueden ser relacionados con el tema de la diversidad biológica:

a. Un primer grupo de atribuciones que tiene que ver básicamente con dotación de servicios, agua potable, saneamiento y alcantarillado, así como limpia y recolección de basura y administración de parques y jardines. Estos aspectos, que de primera instancia se relacionan más con la problemática urbana, son fundamentales para entender la conservación de la biodiversidad por parte de los municipios, en primer lugar porque regularmente absorben parte importante de la hacienda municipal (no dejando lugar a otras acciones como la conservación), pero también porque la manera en la que se den esos servicios afecta directamente a las corrientes y cuerpos de agua así como al suelo del municipio (ya sea por extracción o por contaminación, por ser depósito de aguas servidas o de residuos sólidos).

b. El otro aspecto fundamental es el que tiene que ver con las atribuciones relativas a las autorizaciones de uso de suelo, así como a la creación y administración de reservas territoriales. Si bien esto ha sido interpretado desde la visión urbana, sin duda las decisiones sobre el uso de suelo afectan áreas naturales que pueden ser importantes para la conservación de la diversidad biológica.

En lo referente a la administración pública estatal, las atribuciones de los municipios están definidas en la Ley Orgánica Municipal para el Estado de Guanajuato (LOMEG), la cual establece de manera específica en las atribuciones "Preservar, conservar y restaurar el medio ambiente en el Municipio y participar en la creación y administración de sus reservas territoriales y ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia" (artículo 69, inciso G) así como que los ayuntamientos tendrán a su cargo "calles, parques, jardines, áreas ecológicas y recreativas y su equipamiento"; (artículo 141, fracción IV) (PMG, 1997). En esta ley se especifican también los términos de la planeación municipal así como la instalación tanto de las comisiones temáticas y los términos de la participación social en los municipios.

En este sentido, tanto la Carta Magna como la legislación estatal establecen claridad en cuanto a ciertas atribuciones de los municipios vinculadas a la conservación de la biodiversidad, sin embargo, estas son más bien de manera indirecta y no hay una mención específica de la diversidad biológica. Ahora bien, en este contexto normativo, lo que se encuentra en el estado de Guanajuato es una variedad en la forma con la cual los municipios tratan el tema de la conservación de los recursos naturales y la diversidad biológica.

En términos de entender cómo se vinculan los diferentes niveles de gobierno más allá de sus atribuciones y buscando comprender las posibilidades de una sincronización de acciones y propuestas, Merino (2006) presenta una serie de elementos que deben ser considerados para la construcción de propuestas sobre la Gestión de la Diversidad Biológica; entre ellos menciona que dentro de los niveles en los que se puede expresar la biodiversidad (ecosistemas, especies y genes) se necesita un manejo implícito, donde su gestión requiere de abordajes diferentes.

Los actores involucrados en la conservación y uso sustentable de la biodiversidad son múltiples (gobierno en sus tres niveles, empresas, instituciones de enseñanza e investigación, organi-

Báez Montes, O. y M. Zorrilla Ramos. 2012. "Los municipios y la conservación de la biodiversidad: El reto de la gestión local" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 174-181.

zaciones de la sociedad civil, comunidades, usuarios de los recursos, ejidos, cooperativas, entre otras), motivo por el cual resulta fundamental coordinar los esfuerzos institucionales para lograr los objetivos del Convenio sobre Diversidad Biológica. Los gobiernos municipales constituyen una de las esferas involucradas directamente en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos biológicos.

Una vez definida la autonomía municipal y las atribuciones que tienen sobre su territorio, surge la necesidad de establecer un marco de referencia sobre la Gestión Municipal para la conservación y uso sustentable de los recursos biológicos, la cual está determinada por la complejidad de ámbitos que se traslapan y complementan, dadas las características propias de cada territorio municipal, pues dicha complejidad es abordada desde diferentes puntos de vista y con diferentes estructuras organizativas, conforme a sus necesidades.

Análisis de capacidades municipales para la conservación de la biodiversidad

En esta contribución se realizó una encuesta para conocer el quehacer municipal y las percepciones de los encargados municipales de las áreas de ecología y medio ambiente referente a la gestión municipal que se realiza en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad. Las encuestas fueron enviadas vía correo electrónico a los encargados de las dependencias de medio ambiente y ecología de los 46 municipios que conforman el estado de Guanajuato, y en algunos casos fueron proporcionadas de manera personal.

Los resultados obtenidos forman parte del análisis de las encuestas respondidas por 35 municipios del estado, que corresponden a 76% de los mismos y que abarcan un porcentaje un poco mayor del territorio estatal (77.7%), aunque respecto al porcentaje de la población solamente incluye 55.1%.



Figura 1. Ámbitos abordados para evaluar la Gestión Municipal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad en Guanajuato.

Las encuestas fueron estructuradas para realizar un diagnóstico en cinco ámbitos rectores de la gestión municipal: Estructura municipal, Marco legal, Coordinación interinstitucional, Información y Difusión y Atención del tema en la agenda municipal (figura 1).

Destaca la ausencia de participación en esta encuesta de municipios como Guanajuato, León, Celaya, Salamanca y Dolores Hidalgo, importantes por la cantidad de población que reside en ellos, así como por la participación para la generación de divisas económicas y zonas con relevancia para la conservación de la biodiversidad estatal.

Estructura municipal

Dentro de su organigrama, 83% de los municipios encuestados cuenta con una entidad encargada del manejo de los recursos biológicos y el medio ambiente, mientras que 9% no cuenta con esta estructura. Por otra parte, el 9% restante atiende dichos temas pero de manera indirecta, es decir, a través de otra dirección (como es el caso de las Direcciones de Obra Pública, Turismo, Desarrollo Rural o Desarrollo Social).

Los principales temas a los cuales dan atención estas estructuras son la reforestación, educación ambiental, podas y talas de árboles, manejo de residuos sólidos, impacto ambiental, calidad del aire y Áreas Naturales Protegidas (ANP).

A pesar de ser temas relacionados con la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, un poco más de la mitad de los municipios encuestados cuentan con programas establecidos particularmente para este objetivo (55%).

Los programas que desarrollan están relacionados con educación ambiental (17%), acciones de reforestación (12%), separación de residuos (10%), ordenamiento ecológico (5%) y microcuencas (5%), entre los temas más mencionados; sin embargo, su orientación no es directamente específica para los temas de biodiversidad.

En la figura 2, se muestra que la estructura municipal varía mucho por cada municipio, desde aquellos que cuentan con una Dirección General hasta aquellas otras que sin tenerlo dentro de sus responsabilidades lo atienden de manera indirecta al no incluirlo dentro del organigrama,

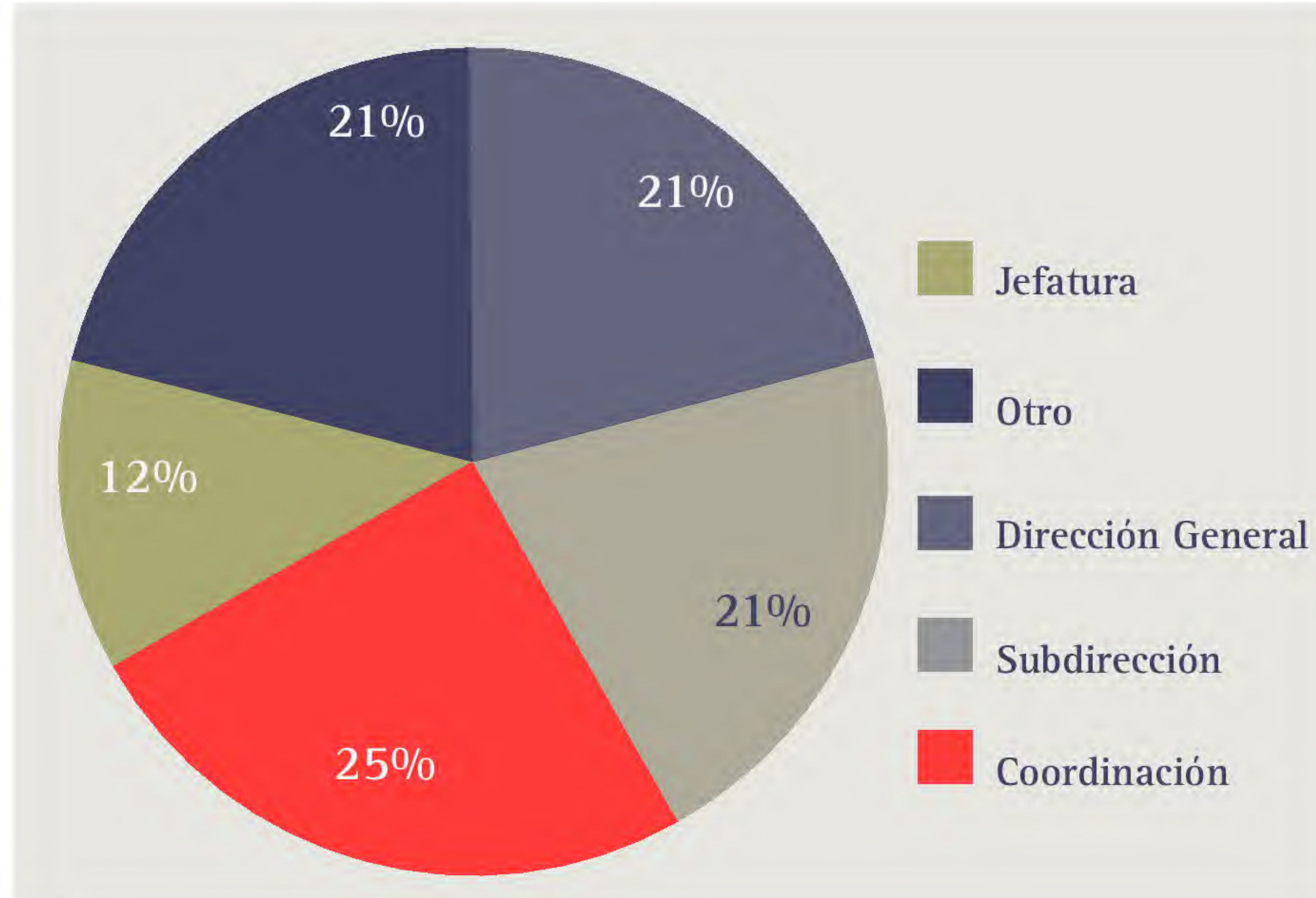


Figura 2. Estructuras dentro de los organigramas municipales relacionados con el manejo de los recursos biológicos.

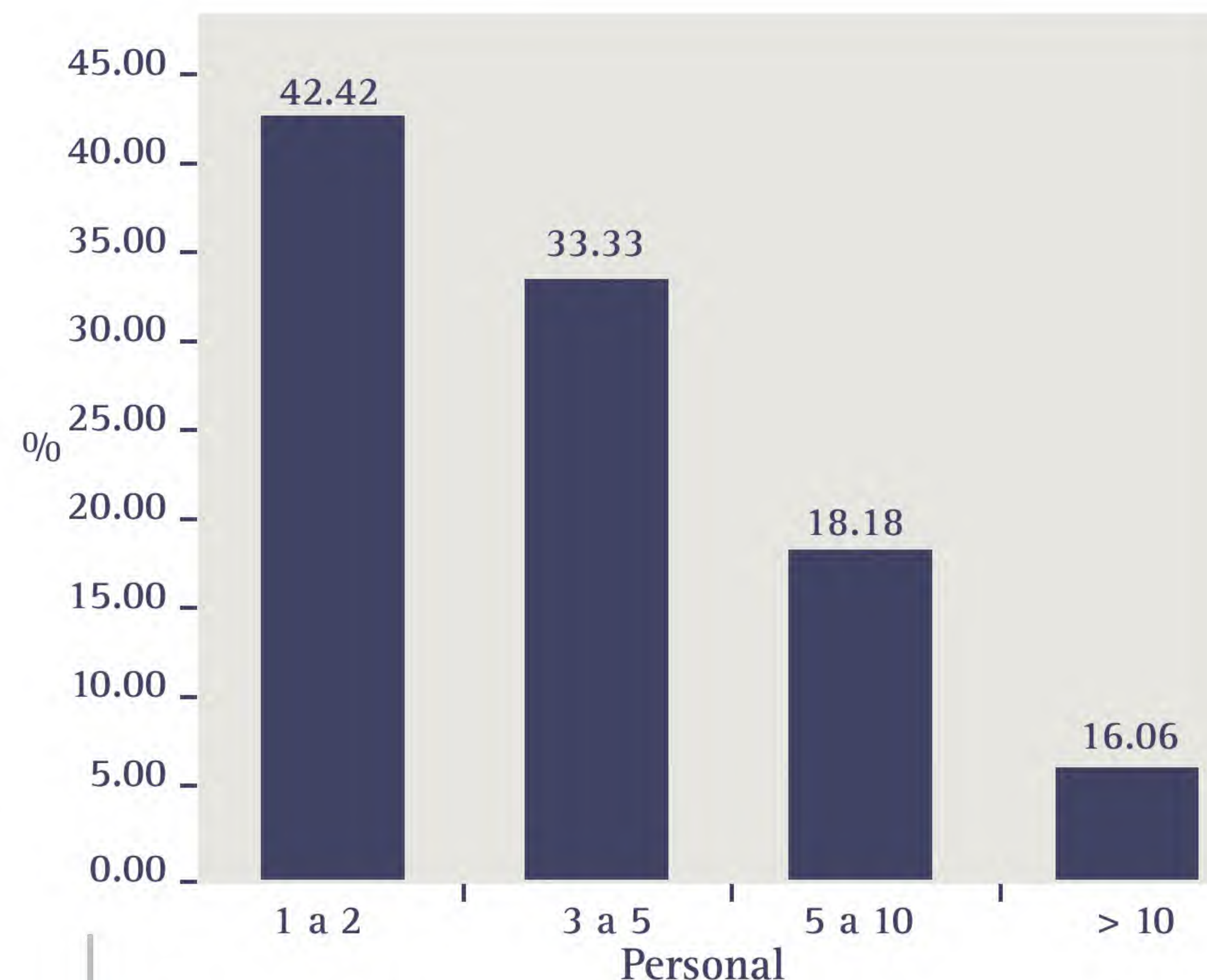


Figura 3. Rangos en la cantidad de personal encargado de atender el tema de manejo de los recursos biológicos en los municipios.

como, por ejemplo, las Direcciones de Servicios Municipales, Direcciones de Turismo, por mencionar algunas. Lo más común es tener una coordinación que atienda este tema (25%).

La cantidad de personal encargado, no solamente de atender el tema de la conservación y uso sustentable de la biodiversidad sino todos los temas ambientales en el territorio municipal, es baja, ya que 42% cuenta únicamente con una a dos personas, mientras que 33% cuenta con tres a cinco (figura 3).

El 42.4% de los municipios encuestados menciona que su personal cuenta con capacidades y destrezas adecuadas para el manejo de los recur-

sos biológicos y que estas capacidades pueden mejorarse, sin embargo, resulta notable que 54% menciona que el personal no tiene capacitación en dicho tema o con capacitación y destrezas deficientes con relación a las necesidades, mientras que sólo 3% menciona que las capacidades del personal son adecuadas para atender los retos actuales y futuros en materia de manejo de recursos biológicos. Estos resultados encuadran uno de los temas prioritarios de atención municipal, ya que la capacitación del personal resulta crucial para la formulación e implementación de acciones relevantes en la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

Concatenado a tener una estructura dentro del organigrama municipal, con personal suficiente y capacitado, se encuentra la disponibilidad de recursos económicos necesarios para atender, entre otras, las actividades relacionadas con el manejo de los recursos biológicos. 94% de los municipios encuestados opinó que los recursos económicos para atender estas necesidades no son suficientes, ya que 36% de los mismos reciben entre 20 000 y 50 000 pesos anuales, 16% recibe entre 50 000 y 100 000 pesos anuales, 29% entre 100 000 y 500 000 pesos anuales y sólo 19% recibe más de 500 000 pesos anuales para el desarrollo de sus actividades, lo cual resulta insuficiente no sólo para implementar acciones tendientes a la conservación y uso sustentable de los recursos biológicos sino incluso para la operación de las mismas.

En cuanto a infraestructura y equipo, 57% de los municipios cuentan con poco o nada de material y en los casos en que lo tienen, resulta inadecuado para realizar sus actividades. 35% de los municipios encuestados tienen la infraestructura y equipo suficiente pero con deficiencias que limitan el adecuado desarrollo de sus actividades y sólo 6% mencionó que su infraestructura y equipo son adecuados.

Marco legal municipal

El otro ámbito de análisis resulta de la regulación de las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos biológicos, como es el caso de la formulación y el decreto de la legislación y normatividad municipal en la materia.

El 61% de los municipios del estado de Guanajuato cuenta con reglamento en materia ambiental y ecología, lo cual resulta fundamental para normar acciones relacionadas con el aprovechamiento sustentable de los recursos biológicos (véase figura 4, datos hasta abril de 2010). Es menester hacer mención de la importancia de contar con este instrumento que se apoya en la normatividad ambiental estatal y federal, sobre todo en aquellos municipios con porciones de su territorio que poseen sitios importantes para la conservación de la biodiversidad, como son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), ANP de carácter estatal o federal y Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad. En este sentido resultaría prioritario alentar a los municipios de la región noreste del estado para contar con este instrumento.

A pesar de contar con normatividad estatal y federal con bases adecuadas para el uso de los recursos biológicos, la mayoría de los municipios encuestados (69%) no los vincularon como instrumentos legales para la Conservación y Uso Sustentable de los Recursos Biológicos (CUSRB). Otro instrumento de planeación que no fue mencionado fue el del Ordenamiento Ecológico del Estado y que en primera instancia establece políticas sobre la CUSRB.

Coordinación interinstitucional

En otra esfera o ámbito de la Gestión Municipal tendiente a la CUSRB, se encuentra la coordinación interinstitucional, que puede desarrollarse para la aplicación de Programas Federales o Estatales relacionados con el tema o para realizar acciones de inspección y vigilancia.

Poco más de la mitad (51%) de los municipios encuestados mencionó que participaba conjuntamente con dependencias federales para la planeación y ejecución de acciones para la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, mientras que 40% mencionó que no tenía esta cooperación y 9% no contestó esta pregunta.

Por otro lado, resalta que 81% de los municipios encuestados mencionó que tenían coordinación con dependencias estatales, caso contrario del otro 9%. Esta situación parece ser una fortaleza de los municipios para asegurar una gestión

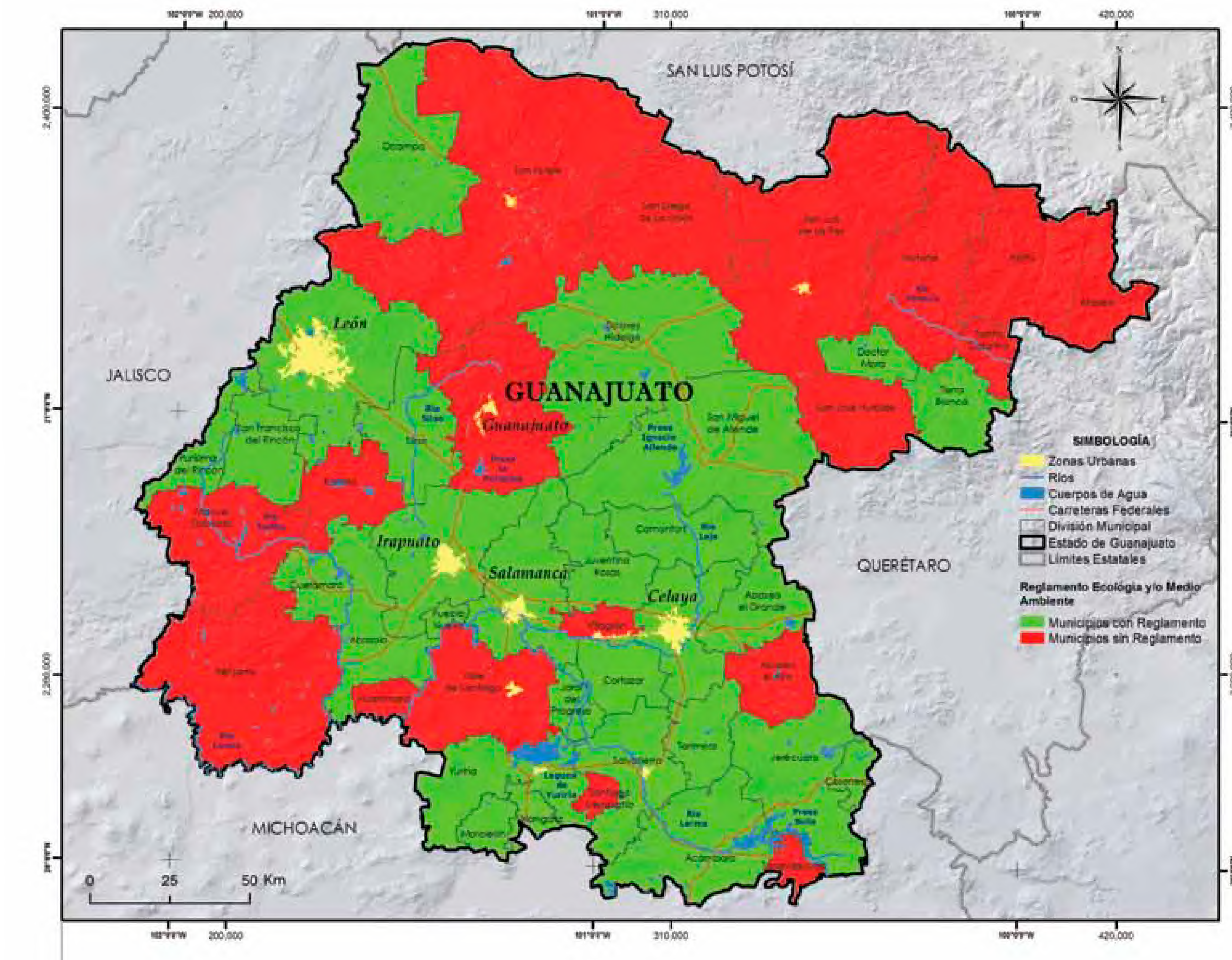


Figura 4. Municipios con reglamentos en materia ambiental y ecológica.

ambiental adecuada, ya que cuando se establecen prioridades conjuntas y se entabla un diálogo entre diferentes actores, en este caso el sector gubernamental, los resultados pueden ser mejores.

En cuanto a la vigilancia del cumplimiento de leyes, reglamentos y normas ambientales relacionadas con el uso y conservación de la biodiversidad, 73% de los municipios encuestados mencionó participar conjuntamente con dependencias federales y estatales para este fin.

Para complementar este ámbito de gestión, se tiene evidencia de que existe coordinación interinstitucional en aquellos municipios que comparten zonas con una alta riqueza biológica y que sin ninguna otra intervención están colaborando para el manejo de los recursos biológicos compartidos (particularmente en ANP), para lo cual cabe hacer una distinción al interés y participación mostrada por los municipios de Cortazar, Jaral del Progreso y Salvatierra, en el Área Natural Protegida Cerros Culiacán y La Gavia.

Información y difusión sobre la biodiversidad municipal

Otra de las esferas ambientales considerada en la Gestión Municipal para la CUSRB, es contar con la información en materia de biodiversidad para la toma de decisiones. La mayoría de los municipios (68%) manifestó no contar con la información suficientemente detallada en materia de conocimiento de la biodiversidad, mientras que aproximadamente un tercio de los municipios respondió que sí tienen la información necesaria.

Esta respuesta resulta lógica si se piensa que el desarrollo de carreras con enfoque para el estudio de la CUSRB es incipiente y de recién incursión en la entidad, a pesar del gran impulso que tuvo el estado en la materia en el siglo XIX con Alfredo Dugès, como se menciona en algunos capítulos de este Estudio de Biodiversidad. Lo anterior debido a que parece que hubo un lapso de estancamiento sobre el conocimiento de la biodiversidad estatal en ciertas áreas.

Es indispensable contar con información suficiente para la generación de políticas públicas eficaces, así como para difundirla a distintos niveles y sectores (Cortina y Zorrilla, 2009), por lo que en la encuesta realizada se incluyó un punto con el fin de evaluar si se realizan actividades para la difusión del conocimiento sobre la biodiversidad municipal, de la que se obtuvo que la mitad de los municipios encuestados realizan actividades para la difusión del conocimiento sobre su biodiversidad, pero el mismo porcentaje no lleva a cabo esta actividad. Un municipio manifestó no tener conocimiento si se realizaban este tipo de actividades y otro no respondió.

Atención de la biodiversidad en la agenda municipal

Al cuestionar sobre la importancia que se le otorga actualmente al tema ambiental, en especial al tema de la biodiversidad en su municipio, la mayoría contestó que se le da poca o media importancia y fueron pocos los que manifestaron darle una alta importancia (figura 5).

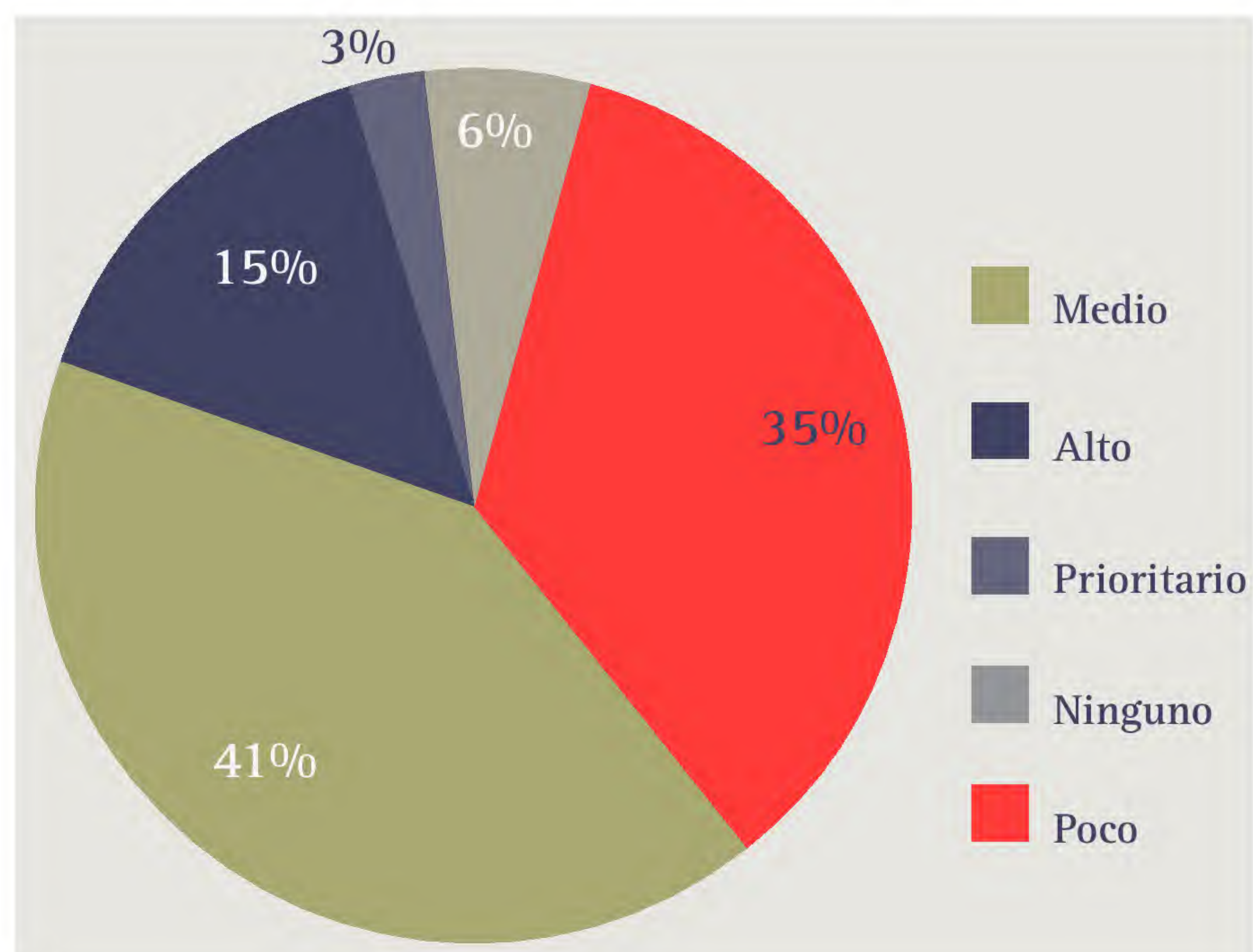


Figura 5. Importancia que se le otorga al tema ambiental en los municipios del estado.

Evaluación de acciones y seguimiento municipales

El tiempo con el que cuentan las administraciones municipales es relativamente corto (tres años) y la continuidad que se da a ciertos programas depende de la visión de quien asume el cargo. Dentro de cada administración, es fundamental evaluar si el quehacer realizado ha rendido frutos, es decir, si las acciones han sido efectivas o si se debe reorientar el rumbo. En este contexto, 48% de los municipios encuestados mencionó

que no cuentan con algún instrumento de evaluación y seguimiento, en tanto 45% manifestó contar con este tipo de evaluaciones a través de informes e inspección en campo principalmente, mientras que el resto manifestó desconocer este aspecto.

Acciones prioritarias para mejorar la gestión municipal

Hasta el momento se ha presentado un panorama estatal de las capacidades municipales sobre la gestión municipal para la CUSRB, lo cual resulta importante para formular, establecer y ejecutar acciones encaminadas a lograr la CUSRB a largo plazo. De lo anterior surgió el cuestionamiento de ¿qué ámbitos o capacidades son primordiales para una gestión municipal adecuada de los recursos biológicos?

Para responder lo anterior se le pidió a diversas personalidades que han tenido amplia experiencia con actores municipales en la planeación y ejecución de diversas acciones en materia ambiental, que otorgaran un valor a los ámbitos anteriormente evaluados, de tal manera que al atender y mejorar estos ámbitos se lograra un óptimo desempeño de las funciones municipales en materia de gestión para la conservación y uso sustentable de los recursos biológicos.

Se calificaron los distintos ámbitos de gestión como Innecesario, de prioridad Baja, Media, Alta e Indispensable, con valores de 0 a 4 en este mismo orden. Los resultados se encuentran graficados en la figura 6, donde se muestra el valor promedio de la opinión de 20 personalidades y se encuentran agrupados por ámbito de gestión evaluado.

Los cinco factores principales resultantes de esta valoración, mencionados en orden de importancia son:

1. Contar con una estructura que se ocupe de estos temas dentro del organigrama municipal.
2. Contar con capacitación en el tema.
3. Coordinación interinstitucional para realizar acciones conjuntas entre los diversos actores.
4. Contar con un marco legal adecuado.
5. Generar conciencia sobre la importancia del tema/Contar con personal suficiente.

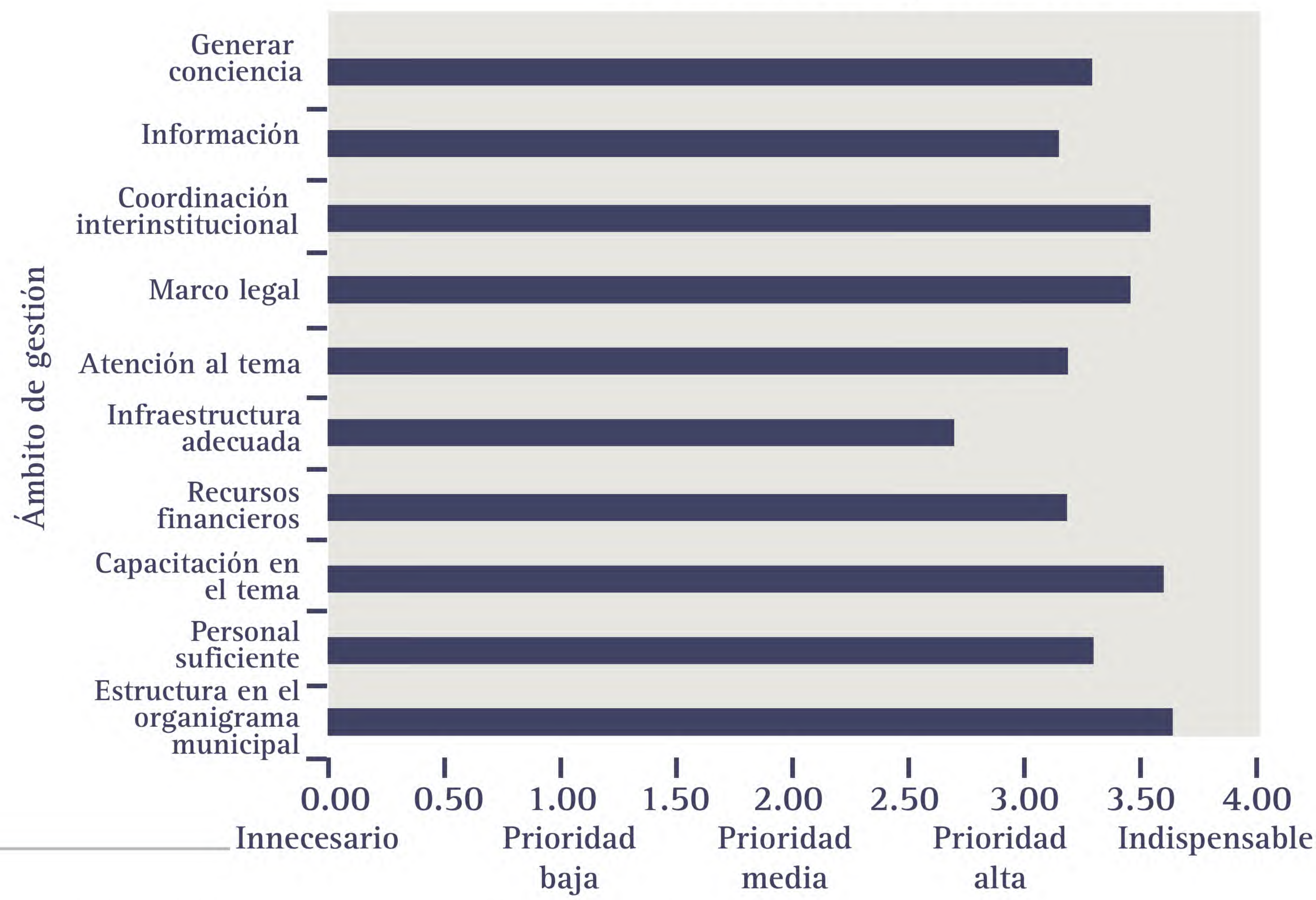


Figura 6. Valoración de factores para mejorar la Gestión Municipal en CUSRB.

Conclusiones

Resulta indispensable fortalecer las estructuras municipales, de tal manera que se pueda asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y de sus beneficios asociados, lo cual se puede lograr con personal capacitado y consciente, capaz de identificar, gestionar y ejecutar acciones relevantes en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

La coordinación y diálogo interinstitucional, con los actores de diversos niveles debe continuar y mejorarse mientras que el marco legal municipal es imprescindible en el tema ambiental, por lo que se propone que se encaminen acciones para que todos los municipios cuenten con su normatividad ambiental, comenzando con aquellos donde existan sitios de alta prioridad en materia de biodiversidad. Por otra parte, es necesario contar con información para tomar decisiones, pero resulta más importante generar programas municipales para generar conciencia del tema (educación ambiental), el cual deberá ser formulado con base en las particularidades de cada municipio. Finalmente, es necesario plantear un esquema de seguimiento y evaluación de las acciones emprendidas (manejo adaptativo) de tal manera que trascienda administraciones y personal, asegurando su permanencia y continuidad a largo plazo y su consecuente traducción en la conservación de la biodiversidad.

Literatura citada

Cortina, S. y M. Zorrilla. 2009. "Capacidades para la implementación de políticas públicas", en *México: capacidades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), pp. 117-151.

Merino L. 2006. "Apropiación, instituciones y gestión sostenible de la biodiversidad", *Gaceta Ecológica* **78**: 11-27.

PMG (Periódico Municipal de Guanajuato). 1997. *Ley Orgánica Municipal del Estado de Guanajuato*. Última reforma publicada en el 11 de junio de 2010.

LA GESTIÓN DEL AGUA EN GUANAJUATO

Angélica Casillas Martínez | Aurelio Navarrete Ramírez | Juan Gabriel Segovia Estrada

Antecedentes

El acelerado crecimiento de la población y el desarrollo económico en Guanajuato durante la segunda década del siglo XX provocó un incremento exponencial de la demanda de agua, por lo que de forma paralela aumentó el número de aprovechamientos subterráneos (en la actualidad existen aproximadamente 20 000 pozos en el estado) (CEAG, 2010) y, como consecuencia, un constante abatimiento en los niveles de agua subterránea, lo cual llevó a decretar en la década de los ochenta como zona de veda, prácticamente a la totalidad del estado (Conagua, 2002).

El estado de Guanajuato se ubica dentro de tres cuencas hidrográficas: Lerma-Chapala, del río Santiago y del río Pánuco y dentro de su territorio existen 20 zonas acuíferas. El balance de agua subterránea en Guanajuato presenta un déficit desde hace muchos años, mientras que la demanda de aguas superficiales supera la oferta.

Ante esta situación y la problemática creciente, a mediados de la última década del siglo pasado, el Gobierno del Estado, consciente de la sobreexplotación de todos sus acuíferos y de las graves consecuencias a futuro –de no tomar medidas al respecto– ha buscado el involucramiento de la sociedad en la resolución de los problemas relacionados con el uso, explotación y aprovechamiento del agua subterránea y superficial, proponiendo nuevas formas para el manejo del agua para que las autoridades del agua, tanto a nivel federal como estatal, y los usuarios interactúen de forma organizada, continua y permanente, proponiendo acciones a nivel local que tengan como objetivo detener la sobreexplotación y buscar el equilibrio de los acuíferos.

Para ello, se considera que la gestión del agua requiere de manera sustantiva la participación ordenada, sistemática e informada de todos los interesados: usuarios, sociedad e instituciones gubernamentales. Esta forma de abordar la gestión del agua está basada en la tesis extendida a nivel mundial sobre el concepto de "gobernanza del agua", es decir, el gobierno relacional, el cogobierno o redes público sociales trabajando con un fin común.

Bajo este contexto, durante los años 1998 a 2000, los usuarios de aguas nacionales organizados y con apoyo del Gobierno Estatal, decidieron en forma colectiva unir sus voluntades y esfuerzos para crear 14 Consejos Técnicos de Aguas (Cotas) y el Consejo Estatal Hidráulico (CEH), para contribuir al mejoramiento de la gestión del agua en Guanajuato. Desde un inicio, estas instancias buscaron constituirse como aglutinadoras de usuarios que buscaran acciones para un adecuado uso del recurso como forma de reducir la sobreexplotación y, a mediano plazo, equilibrar los acuíferos del estado.

En este esfuerzo participaron diversas entidades estatales y federales, como una forma de abordar el problema de manera integral, constituyéndose en miembros del grupo técnico y consultivo de los Cotas y CEH. A poco mas de una década de su creación, el trabajo que han realizado estas instancias ha sido fundamental, aunque incipiente para el futuro del manejo del agua en Guanajuato.

En primer término, se han consolidado como interlocutores válidos y representativos de los usuarios ante las diferentes autoridades de la materia. Han intervenido y se han posicionado ante los diferentes Consejos de Cuenca de los que el estado forma parte, participando activamente en la toma de decisiones relativas al recurso. Asimismo, han realizado una fuerte labor de sensibilización de los usuarios de aguas nacionales –principalmente agrícolas– respecto al cuidado y buen uso del vital líquido.

Ahora bien, la participación social en el manejo del agua en México, se encuentra debida-

Casillas Martínez, A., A. Navarrete Ramírez y J. G. Segovia Estrada. 2012. "La Gestión del Agua en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 182-187.

mente prevista en la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992) y en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012. El PND así lo asume, y visualiza a México como "… una nación que cuente con agua en cantidad y calidad suficiente, que reconozca su valor estratégico, la utilice de manera eficiente y proteja los cuerpos de agua, para garantizar el desarrollo sustentable y preservar el medio ambiente" (DOF, 2007).

Por su parte, la política hídrica nacional está sustentada en una serie de principios básicos (Conagua, 2008), de los cuales destacan: 1. El manejo del agua debe realizarse por cuencas hidrológicas, y 2. La participación organizada de los usuarios es fundamental para alcanzar los objetivos propuestos.

A nivel estatal, el Gobierno del Estado, en cumplimiento de sus políticas de desarrollo para la entidad, y en particular atento a las necesidades de la población en materia de agua que tenderán a incrementarse acordes con el desarrollo demográfico y económico, está plenamente convencido de que los Cotas y el CEH, representan instrumentos de importancia estratégica para impulsar la mejor gestión del agua y, en forma particular, una planeación estatal.

La estrategia de descentralización en materia de recursos naturales, en particular del agua, persigue como finalidad fortalecer la capacidad de gestión local y ampliar las posibilidades de participación social en general y especialmente privilegiar la correspondiente a los usuarios de aguas nacionales. El Gobierno de Guanajuato se ha empeñado en que las políticas y acciones en materia de agua se sustenten en la corresponsabilidad y participación social, mejorando la información a la sociedad. El éxito de estas estrategias dependerá de la conformación de una cultura de aprovechamiento sustentable del agua, incluyendo su conservación, como una tarea compartida entre las instancias gubernamentales y la sociedad, donde se privilegien la educación, la capacitación y la comunicación.

Dentro de este contexto, la legislación estatal también contempla que el Ejecutivo Estatal y los Ayuntamientos promuevan la participación de los sectores social y privado para mejorar la distribución y el aprovechamiento del agua, así como conservar y controlar su calidad.

A su vez, El Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2030 establece una visión del agua en Guanajuato como aquella donde "… a través de sus representantes, los usuarios del agua participan en las decisiones del agua y cuentan con los Consejos Técnicos de Aguas para vigilar el uso adecuado del recurso y llevar a cabo acciones para su protección y uso eficiente. Los gobiernos municipales, el estatal y la federación asisten a la sociedad y trabajan con ella de manera solidaria, transparente y eficaz" (CEAG, 2008).

Dentro de los principios que guían al Sistema Estatal de Planeación del Desarrollo de Guanajuato, se contempla la promoción de la participación social libre y comprometida en la toma de decisiones para impulsar el desarrollo del Estado.

En este sentido, el Programa Estatal Hidráulico del estado asume que la participación social "… implica la capacidad de un sistema social de movilizar de manera común y coherente sus esfuerzos para alcanzar el desarrollo sostenible de los recursos hídricos. La gobernabilidad sobre el agua debe ser abierta, transparente, participativa, verificable, efectiva, racional, motivadora, eficiente, interactiva, equitativa, integradora, sustentable, ética y comprometida. Se necesita la acción colectiva y la participación de la sociedad civil para lograr dicha gobernabilidad. Pero rinde frutos sólo si está enmarcada en un sistema de gestión capaz de dirimir conflictos, distribuir responsabilidades, facilitar la toma de decisiones, llevar a cabo los acuerdos de la mayoría, hacer cumplir las leyes y rendir cuentas" (CEAG, 2008).

Con todo lo anterior, es innegable que las acciones de los Consejos Técnicos de Aguas y el Consejo Estatal Hidráulico, deben tender al trabajo conjunto de las autoridades federal y estatal en la búsqueda de soluciones a una problemática tan compleja.

Derivado de los planteamientos anteriores, las acciones que llevan a cabo los Cotas y el CEH, busca satisfacer las siguientes premisas:

• Que todos los Cotas del estado realicen un trabajo participativo y organizado, que maximice los esfuerzos y permita obtener mejores resultados producto del trabajo conjunto de todas las organizaciones.

• Que las acciones de los Cotas y el CEH se encuentren plenamente alineadas al Programa

Nacional Hídrico 2007-2012 y al Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2030 para que todos los esfuerzos tanto de las autoridades como de los usuarios persigan los mismos objetivos.

- Que las acciones de los Cotas y el CEH se enmarquen en un contexto de análisis global del problema del agua y se encaminen a obtener resultados que incidan directamente en la solución de la problemática a mediano y largo plazo.
- Que los esfuerzos de las organizaciones de usuarios se encuentren respaldados y apoyados en los programas que maneja el Gobierno del Estado de Guanajuato y en los apoyos que otorga el Gobierno Federal, para que se encaminen a un solo fin: el cuidado y buen uso del recurso.
- Que la autoridad federal, normativa en materia de agua, reconozca la importancia de las organizaciones de usuarios existentes en Guanajuato, en la solución de la problemática y apoye decididamente sus esfuerzos en la búsqueda del equilibrio de los acuíferos.
- Que la Conagua y el Gobierno del Estado desarrollen acciones conjuntas de trabajo a favor de los acuíferos de Guanajuato, logrando mayores y mejores resultados.

Esta forma de involucrar a la sociedad en la resolución de los problemas hídricos, proponiendo una nueva forma de manejo del agua, en la que tanto el gobierno como la sociedad interactúan de forma organizada, no solamente para fines de ejercicios de consulta sino de forma continua y permanente, proponiendo planes e implantando acciones a nivel local, está dando resultados.

Los consejos técnicos de aguas

Los 14 Consejos Técnicos de Aguas (Cotas), se encuentran distribuidos en el estado basados en una división de los acuíferos, como se observa en la figura 1.

Estas organizaciones se han convertido en foros en donde la sociedad civil organizada toma acuerdos y propone alternativas para el manejo integral del agua, de igual forma son el vínculo entre los usuarios y las autoridades, y se constituyen bajo la estructura que se muestra en la figura 2.

El objetivo de los Cotas es constituirse como promotores del uso sustentable del agua en el estado con un enfoque conservacionista en función de la capacidad de soporte de los recursos, concertando acciones entre los distintos sectores usuarios y al interior de cada sector.

El consejo estatal hidráulico

Es la organización que agrupa a todos y cada uno de los Consejos Técnicos de Aguas en donde se definen las líneas y políticas generales de trabajo de las organizaciones de usuarios (que son de observancia obligatoria para cada una de ellas) y es el órgano de representación de los usuarios del agua del estado de Guanajuato ante los Consejos de Cuenca. Asimismo, agrupa a los usuarios de aguas superficiales aglutinados en los Distritos de Riego 011 y 085, así como a cuatro de las principales Unidades de Riego existentes en el estado (San Juan de Llanos, La Golondrina, Cebolletas y El Cubo).

En tal sentido, es la organización suprema de usuarios del estado, que agrupa tanto a usuarios de aguas subterráneas como superficiales, y es la única en su tipo a nivel nacional.

La estructura organizacional del Consejo Estatal Hidráulico (CEH), que otorga representatividad y legitimidad de la base social de los usuarios se muestra en la figura 3.

El Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato también considera la implementación de una doble estrategia: por un lado, continuar desarrollando estudios básicos y modelos matemáticos de flujo y transporte de los acuíferos y una revisión del marco geológico. Además, busca promover con soporte financiero, técnico y político una estructura de participación de usuarios en las acciones de gestión, incluyendo la difusión de la información hasta la implantación de proyectos piloto para un uso eficiente del agua. Simultáneamente, realizar en un esfuerzo coordinado con la autoridad federal la actualización del registro de usuarios, la promoción de programas de capacitación y medición de volúmenes de extracción.

Acciones

Los Cotas han trabajado en distintas vertientes, consolidándose en aspectos administrativos e institucionales, lo que da soporte a la firme

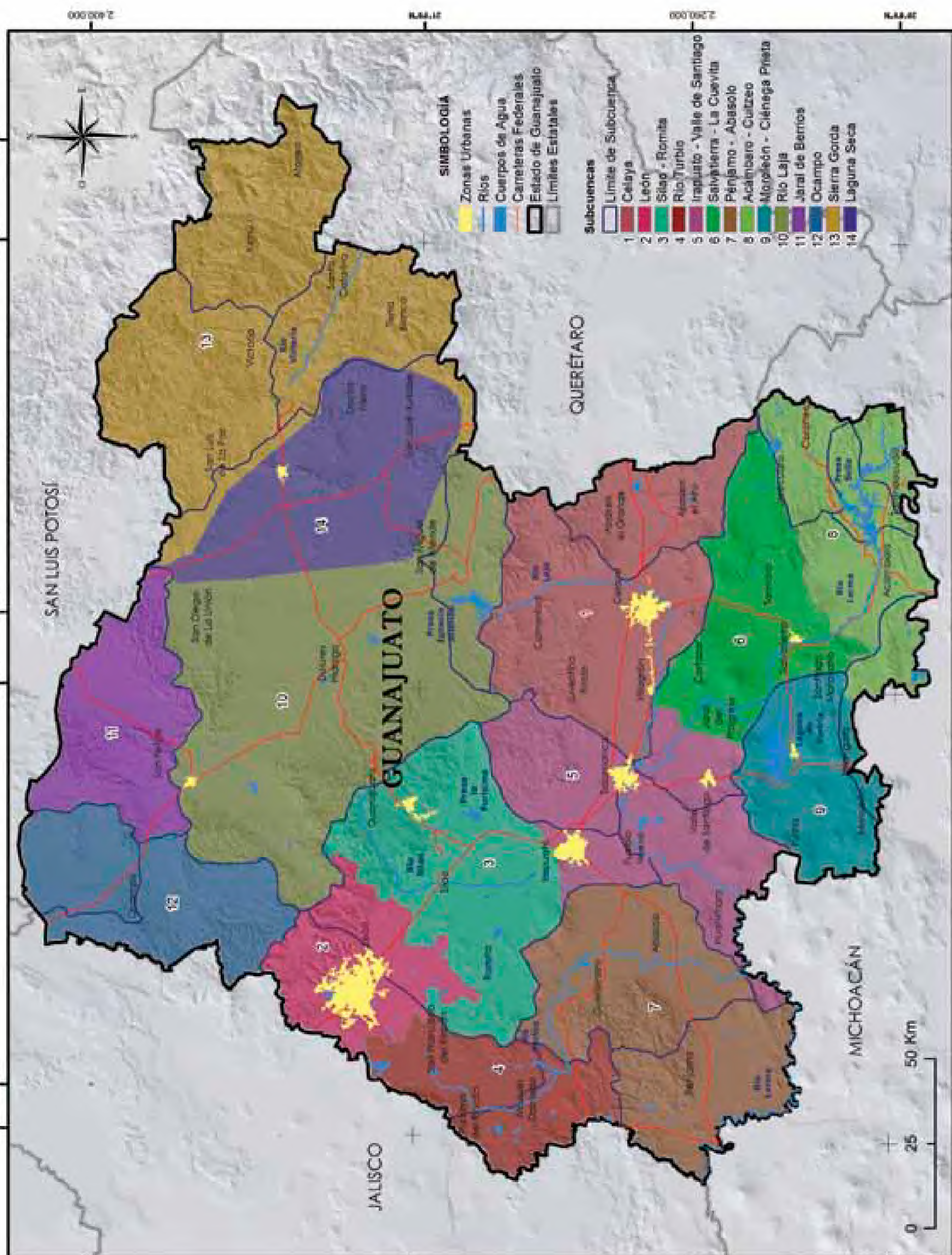


Figura 1. Distribución de los Cotas en el Estado. Fuente: CEAG, 2010.

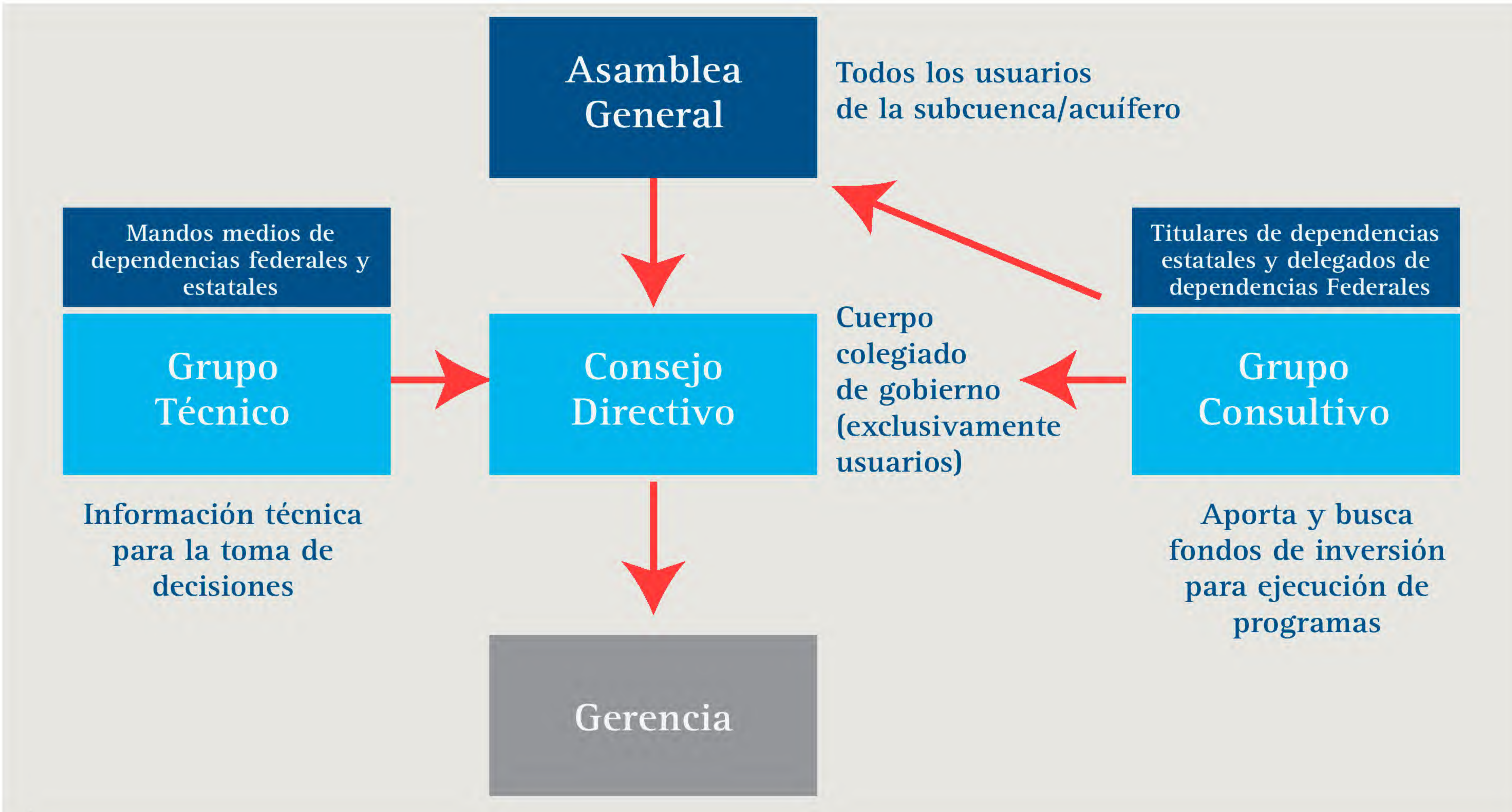


Figura 2. Estructura organizacional de los Cotas. Fuente: CEAG, 2010.

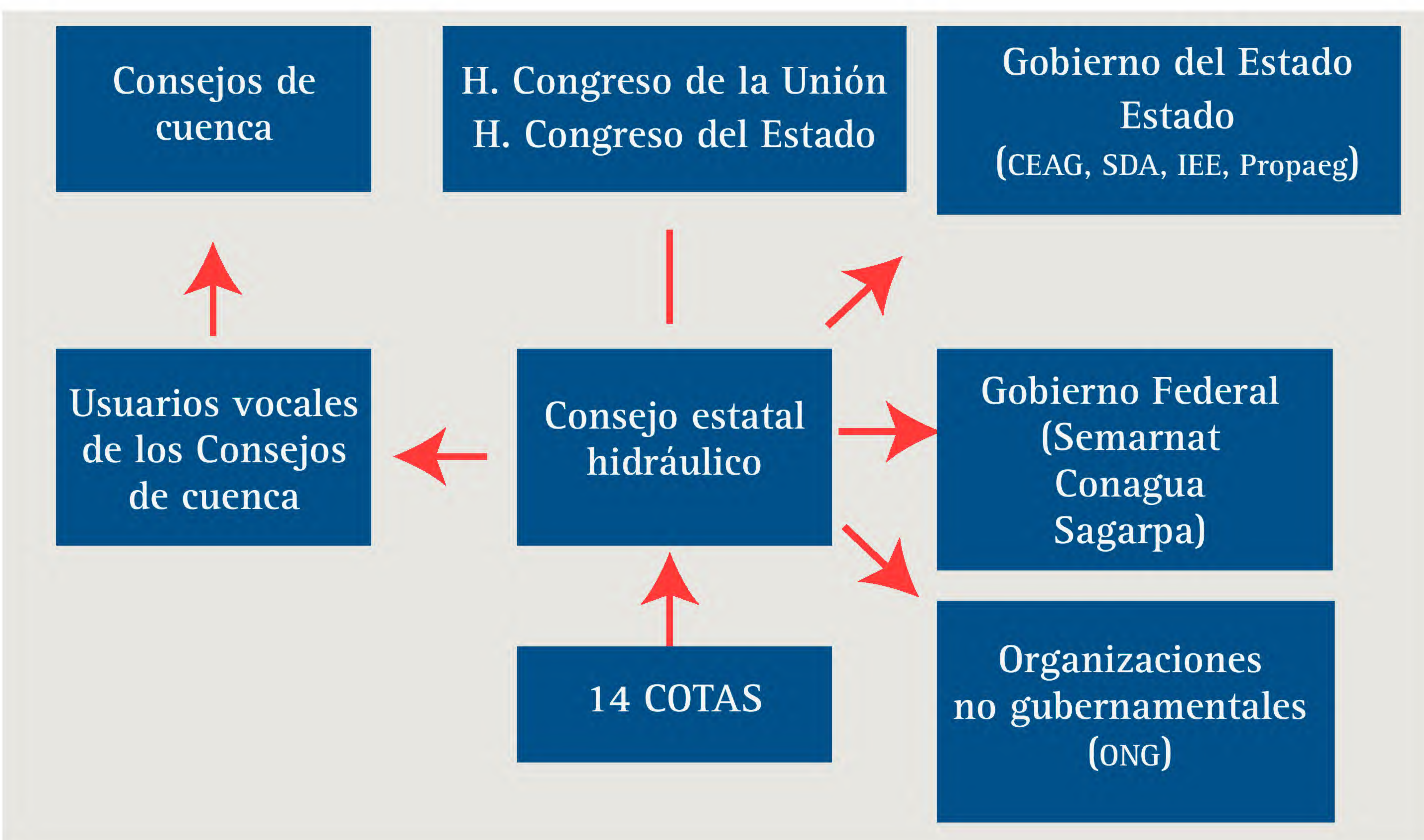


Figura 3. Estructura organizacional del consejo estatal hidráulico. Fuente: CEAG, 2010.

atención al trabajo técnico, financiero y atención de usuarios.

A lo largo de su existencia, los Cotas han realizado acciones de impacto en aspectos tales como: capacitación a usuarios (uso eficiente del agua, talleres de nivelación y tecnificación, eficiencia electromecánica, comercialización, difusión del marco legal del agua, entre otros).

Además, cada Cotas cuenta con una base de aprovechamientos en donde constantemente se verifican los datos en campo y se encuentran debidamente georreferenciados en un Sistema de Información Geográfica. Asimismo, se ha logrado conformar el padrón de usuarios en las 14 organizaciones, identificando a los diferentes usos y su caracterización. Otras acciones que llevan a cabo son el monitoreo de pozos para contar con datos del comportamiento del acuífero.

Además, las organizaciones de usuarios atienden, canalizan y apoyan a todos los usuarios de su región para la tramitación, regulación de sus títulos de concesión, entrega y recepción de documentos ante dependencias como la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Guanajuato (SDA), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), entre otras, y realizan también la medición piezométrica, estudio electromecánico de pozo, asesoría de campo, entre otros servicios especializados. Adicionalmente, estas organizaciones coadyuvan en la entrega de títulos de concesión para uso y aprovechamiento de aguas nacionales otorgados por la Conagua.

Se han buscado estrategias para lograr la autonomía de estas organizaciones para que, sin perder su objetivo, proporcionar recursos financieros mediante cuotas de sus asociados, colaborar con diferentes autoridades federales, estatales y municipales a cambio de apoyos, realizar proyectos encaminados a lograr las metas de la organización, entre otros.

El objetivo final es que en Guanajuato se encuentren implementados en un mediano plazo los planes de manejo de cada uno de los acuíferos con la participación activa y corresponsable de los usuarios y autoridades, que permitan lograr la sustentabilidad.

Retos de la gestión del agua y la biodiversidad

El tema agua es fundamental en todos los órdenes de la vida y obviamente es de especial impacto para la biodiversidad. Del grado de disponibilidad del vital líquido, dependerá en gran medida la conservación de la diversidad biológica.

Lo que se ha presentado hasta este momento tiene dos aspectos que hay que resaltar: en primer lugar está la experiencia de los Cotas con respecto a la organización social alrededor de un recurso, y en este sentido se considera que la estrategia de involucrar a la sociedad en la solución de los problemas hídricos es conveniente replicarla en todos los aspectos de conservación de la biodiversidad.

En un segundo aspecto, un reto importante es poder ligar la gestión del agua con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, por lo que es relevante considerar una mayor capacitación e información a los usuarios del agua sobre el vínculo entre agua y diversidad biológica para que sus decisiones y sus demandas puedan también tener en cuenta este aspecto.

Finalmente, hay que anotar que las acciones gubernamentales por sí solas no pueden tener el impacto suficiente que permita la preservación de la diversidad biológica, por lo que la participación de todos los involucrados en la búsqueda de soluciones es imprescindible.

Literatura citada

CEAG (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). 2008. *Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2030.*

———. 2010. *Informes internos.*

Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero de Celaya, Estado de Guanajuato.* Publicado por la Gerencia de Aguas Subterraneas el 30 de abril.

———. 2008. *Programa Nacional Hídrico* 2007-2012.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1992. *Ley de Aguas Nacionales.* Ultima reforma publicada en el 20 de junio de 2011.

———. 2007. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.* Publicado el 31 de mayo. Presidencia de la República.

LOS CONSEJOS TÉCNICOS DEL AGUA: SU EXPLORACIÓN COMO MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN SOCIAL

Susana Suárez Paniagua

Después de la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales, en 1992, fueron creados, particularmente con las reformas realizadas en 2004, los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas), promovidas por la Comisión Nacional del Agua. En el caso del estado de Guanajuato estas organizaciones se denominaron Consejos Técnicos del Agua (Cotas) debido a que la ley local les ha conferido un campo mayor de responsabilidad (CEAG, 2006). Dichos Consejos fueron creados no sólo para resolver el problema de la extracción intensiva del agua subterránea en la entidad, sino también para constituirse en espacios de concertación social con el objetivo de impulsar y ejecutar las políticas de desarrollo rural.

Con estas organizaciones, la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) ha promovido la participación de usuarios de aguas subterráneas y superficiales en el manejo integral del recurso y ha tratado de concertar y proponer alternativas para el manejo sustentable del agua; fundamentalmente, lo que persigue es la estabilización de los acuíferos por medio de acciones concretas acordadas mediante el consenso social, entre las que se propone la elaboración y aplicación de reglamentos para extraer agua de los acuíferos.

Así, al convocar a los distintos usuarios del agua a participar en estos Consejos, el Gobierno del Estado de Guanajuato inició un proceso de gestión social del agua, a través del cual se instalaron 14 Cotas que hasta la actualidad siguen funcionando, y los que poco tiempo después, en el año 2006, fueron reconocidos como el modelo de participación social más acabado y como "... instancias de organización de usuarios y de coordinación con el sector público [que] han permitido un avance sustancial en el involucramiento del usuario en la solución de mediano y largo plazo de los graves problemas que enfrentan los acuíferos y las cuencas" (CEAG, 2006).

Este proceso de gestión social del agua ha tenido algunos resultados positivos, tanto en términos de participación social como en los objetivos planteados a los Cotas, por ejemplo, en el año 2003 estos Consejos involucraban alrededor de 10% de los usuarios registrados y para el 2006 ya representaban casi 35% (CEAG, 2006); y se han mostrado avances en la elaboración de reglamentos que restringen la extracción de agua subterránea elaborados por los propios usuarios y por consenso.

Sin embargo, el proceso ha enfrentado dificultades importantes para que los Cotas operen como dispositivos de participación social y para conseguir todos los objetivos para los cuales fueron creados. A pesar de ello, el proceso ha significado un nuevo manejo del recurso natural, el desarrollo de una nueva relación entre el Estado y la sociedad civil.

Analizando estas nuevas formas de gestión social del agua que se han venido implementando en el estado de Guanajuato, bajo la perspectiva del Desarrollo Territorial Rural, el cual postula que el desarrollo regional puede lograrse a través de una planeación social territorial en la que se coloque al territorio como centro y sujeto de desarrollo y en la que haya participación social, se pueden señalar algunas debilidades y potencialidades que presentan estas formas para ser utilizadas en un proceso de planeación del desarrollo territorial.

En efecto, este enfoque plantea que "El territorio emerge como una categoría privilegiada llamada a sintetizar, en un marco coherente de interpretación y gestión, muchos de los elementos que constituyen las nuevas estrategias de desarrollo rural... [y que] Es necesaria la revaloración del espacio rural como unidad de gestión que permite integrar las tendencias de participación, empoderamiento, descentralización, enca-

Suárez Paniagua, S. 2012. "Los Consejos Técnicos del Agua: su exploración como mecanismos de participación social" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 188-190.

denamientos productivos, sostenibilidad ambiental, desarrollo político-institucional y competitividad del mundo rural" (Echeverrí, 2005).

Al examinar a los Cotas desde el enfoque territorial del desarrollo advertimos que han sido constituidos tomando en consideración un criterio territorial, el de la zona que abarca un acuífero, lo que es un acierto desde el enfoque que estamos considerando, especialmente en el caso de los Cotas de Guanajuato, porque no sólo toman en cuenta la zona de recarga del acuífero sino también las áreas de los usuarios del agua superficial.

No obstante, los miembros de los Cotas y las autoridades gubernamentales aún carecen de una visión territorial del desarrollo, es decir, no visualizan al territorio como un todo, con todas sus dimensiones e interrelaciones, ya que como lo propone el enfoque, el territorio debe ser contemplado como un todo integrado y holístico en el que "... destacan como elementos fundamentales: la multidimensionalidad, la intertemporalidad y la intergeneracionalidad, la multisectorialidad y la articulación de las economías territoriales" (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Estas organizaciones no visualizan al territorio como una unidad de gestión, como el eje de sus planes y acciones, como una unidad que posee múltiples dimensiones, a saber: económica, social, cultural, política y ambiental (Sepúlveda *et al.*, 2003), lo que da como resultado que sus acciones para resolver el problema del abatimiento de los acuíferos no sean suficientes, puesto que tratan de solucionar el problema sólo teniendo en cuenta la dimensión ambiental, esto es, de manera aislada, sin establecer la relación entre los usos y aprovechamientos que se realizan del recurso natural con los procesos económicos, sociales, políticos y culturales que ocurren en su territorio.

Aunque hay que reconocer que si bien los Cotas y las autoridades gubernamentales han vinculado el problema del abatimiento de los acuíferos con las prácticas agrícolas, no han considerado que en el territorio rural se ejecutan diversas actividades, como lo señalan Echeverrí y Ribero (2002) "... el espacio rural debe ser visto como el ámbito en el cual se desarrollan un conjunto de actividades económicas que exceden en mucho a la agricultura".

Ni tampoco han contemplado que el territorio rural mantiene múltiples interrelaciones y vínculos funcionales con las ciudades o que incluso contiene algunas, como lo reconoce el enfoque territorial de desarrollo rural, al explicar que "... lo rural incorpora áreas dispersas y concentraciones urbanas, que se explican por su relación con los recursos naturales, comprende una amplia diversidad de sectores económicos interdependientes, involucra dimensiones económicas y no económicas, establece relaciones funcionales de integración con lo urbano..." (Echeverrí, 2005), razón por la cual los objetivos y acciones de los Cotas han estado orientados con una visión más estrecha sobre el problema del agua.

En vista de lo anterior, se plantea la necesidad de que tanto los Cotas como la CEAG, diseñen y pongan en práctica políticas territoriales para el manejo integral del agua, es decir, elaboren y lleven a cabo políticas transversales que atiendan el problema del agua en la entidad, políticas que tomen en consideración los múltiples sectores que se desenvuelven en el territorio rural.

Por otra parte, se aprecia que el potencial de los Cotas, desde el enfoque territorial, estriba en que constituyen nuevas instituciones en las que se propicia la participación de los actores locales, en la búsqueda de soluciones concertadas sobre un problema que a todos atañe; asimismo en que son instituciones en las que se permite y fomenta una interacción social tanto entre los distintos usuarios, como entre éstos y las autoridades gubernamentales.

Su importancia reside en que son instituciones en las que la participación social de los diferentes actores socioeconómicos públicos y privados es considerada fundamental para lograr cambios sobre el uso y aprovechamiento de un recurso natural decisivo para el desarrollo; y precisamente por ello son relevantes desde la óptica del desarrollo territorial rural, esto es, porque satisfacen una condición necesaria, la de la acción social concertada entre Estado y sociedad civil.

En efecto, estas nuevas organizaciones han empezado a establecer una nueva relación entre el Estado y los miembros de la sociedad civil, en la que el Estado ha empezado a delegar funciones y responsabilidades en la atención a un se-

rio problema social, el del agotamiento del agua, y en la que los actores civiles han empezado a asumir estas responsabilidades e incluso demandando una mayor delegación de funciones y de poder para resolver el problema.

Estas nuevas formas de gestión social del agua representan un avance en algunos planteamientos del desarrollo territorial rural: la descentralización de las funciones del Estado; la transferencia de responsabilidades a los actores locales y, aunque enfrenten dificultades, significan también un adelanto en los cambios de las reglas formales e informales que posibilitan la participación social.

Realmente abren la posibilidad de una mayor descentralización en la administración del agua y significan el inicio de un proceso de gestión endógena del territorio por los diversos actores locales en interacción con autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno.

Indudablemente para que los Cotas puedan convertirse en organizaciones de Desarrollo Territorial Rural tendrían que ampliar sus objetivos, dejar de atender sólo el problema del agotamiento del agua de los acuíferos; y sus metas tendrían que orientarse a propiciar un proceso más amplio de desarrollo del territorio, incluyendo el desarrollo sustentable de sus recursos naturales. Tendrían que enfocarse a propiciar un proceso de desarrollo que busque el crecimiento de la economía rural, el aumento de los niveles de bienestar social de la población rural, así como el manejo sustentable de los recursos naturales con los que cuenta su territorio: tierra, agua, flora, fauna y aire.

La principal potencialidad que los Cotas ofrecen a un posible proceso de desarrollo territorial rural es que constituyen espacios de participación social, espacios en los que se reúnen diversos actores socioeconómicos públicos y privados de un mismo territorio, actores que pueden y deben actuar teniendo en consideración al territorio en el que se encuentran y al que construyen, y que pueden llegar a crear sinergias en proyectos que busquen mejorar en todas sus dimensiones: económica, social, cultural, política y ambiental a su territorio, tomando parte de un proyecto general compartido por todos, en un proceso de planeación y ejecución del desarrollo.

Literatura citada

CEAG (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). 2006. *Memoria Institucional 2000-2006*.

Echeverri, P.R. 2005. *Economía y competitividad del territorio rural*. México, Seminario Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa).

——— y M.P. Ribero. 2002. *Nueva ruralidad visión del territorio en América Latina y el Caribe*. San José de Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Sepúlveda, S., A. Rodríguez y M. Portilla. 2003. *El enfoque territorial del desarrollo rural*. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

EL ANÁLISIS Y MANEJO INTEGRAL A NIVEL DE SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS: UNA OPORTUNIDAD PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Raúl Pineda López | Diana Gutiérrez Czelakowska | Enrique Cantoral Uriza
Milagros Córdova Athanasiadis | Víctor Manuel Larragivel Bustamante | Lucía Sanaphre Villanueva
Diana Elisa Bustos Contreras | Alfredo Amador García | Berta Zúñiga Tovar

Las subcuencas y microcuencas son unidades territoriales con límites naturales, las primeras son entidades ideales para establecer procesos de planeación del desarrollo y la conservación del capital natural, mientras que las segundas han sido adaptadas por el hombre para promover la gestión de los recursos naturales y la atención del desarrollo (Casillas, 2007). Ambas unidades son también los espacios del paisaje donde podemos observar con mayor detalle el estado de conservación de la biodiversidad y sus amenazas en un territorio definido de manera natural y donde los procesos físicos, bióticos y socioeconómicos están interrelacionados.

En este caso de estudio, se presentan parte de los resultados del trabajo conjunto entre el municipio de Allende a través de la Dirección de Ecología y la Universidad Autónoma de Querétaro con la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Este trabajo pretende describir los procesos naturales y sociales para proponer estrategias que permitan el manejo integrado de la subcuenca específica Támbula-Picachos y las nueve microcuencas que la integran, de las que sólo la de San Miguel Allende es urbana. En esta subcuenca conviven poco más de 80 000 habitantes, de los cuales 74% viven en zonas urbanas y el resto en 115 comunidades rurales, en donde más de la mitad muestran altos índices de marginación, lo que contrasta con el desarrollo económico de la ciudad.

En una primera fase de diagnóstico se determinó que la estructura y funcionamiento de la subcuenca están alterados por los usos campesinos y agro-empresariales tradicionales, donde los sistemas de manejo agrícola y pecuario no consideran la conservación del suelo, el agua y la vegetación. Este desconocimiento, durante los últimos 200 años, ha traído como consecuencia cambios en la respuesta hídrica de las microcuencas, lo que ha aumentado la frecuencia de riesgos hidrometeorológicos. Por ejemplo, en el 2008, las fuertes precipitaciones registradas para ese año ocasionaron el desborde de cauces y fracturas en la infraestructura de algunos bordos, provocando inundaciones en la ciudad de San Miguel de Allende y zonas aledañas, además de la afectación de 600 ha agrícolas en la subcuenca baja. Esto se debió principalmente a la eliminación del bosque ribereño y a la rectificación del cauce, que consideró solamente criterios hidráulicos y no ecosistémicos. Asimismo, estas alteraciones derivadas del manejo del suelo, han conducido a modificaciones en la estructura de los suelos, especialmente en laderas y pie de monte, donde se ha incrementado la producción de sedimentos contribuyendo al azolve de cuerpos de agua, dentro de los que se encuentra la Presa Allende.

La labor de gestión entre las 115 comunidades rurales con muy alta marginación, que representan tan sólo a 30% de la población de la subcuenca, se llevó a cabo con metodologías participativas (Bustos *et al.*, 2003) que priorizaron valores universales como la equidad y la justicia social. Un ejemplo de inequidad en este continuo rural-urbano es que 70% de la población ubicada en la pequeña superficie de la microcuenca San Miguel Allende, consume 80% del presupuesto destinado al municipio y por esta razón se concentran en la cabecera municipal los servicios educativos, de comunicación y de salud, entre otros. Sin embargo, la ciudad está situada en el punto de salida del agua de la microcuenca lo que la hace particularmente vulnerable a las inundaciones.

Es por ello que la metodología empleada no sólo pretende extraer información de la población,

Pineda López, R., D. Gutiérrez Czelakowska, E. Cantoral Uriza, *et al.* 2012. "El análisis y manejo integral a nivel de subcuencas y microcuencas: una oportunidad para la conservación de la biodiversidad" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 191-195.

sino que busca cimentar el proceso social con los dueños del territorio para generar conocimiento, analizar la realidad de cada una de las comunidades y de sus recursos naturales, sociales y económicos para fortalecer las bases sociales a través de la sensibilización y capacitación, con el fin último de diseñar alternativas de solución en las que se tome en cuenta a los vecinos de las partes bajas de la subcuenca.

El análisis ambiental de la subcuenca

En la subcuenca se encuentran cinco tipos de vegetación, que presentan distintos estados de perturbación: bosque de *Quercus*, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, pastizal (inducido) y vegetación secundaria (matorral espinoso). La mayor parte de su superficie ha sido modificada por las actividades humanas, pues 68.9% de su territorio corresponde a zonas agrícolas de temporal y de riego, a pastizales inducidos y a zonas urbanas, caseríos y granjas. Tan sólo 30.5% corresponde a algún tipo de vegetación, la cual se encuentra principalmente distribuida en los cerros Támbula, Picachos y Márgara; de esta cobertura 79% se encuentra perturbada por la ganadería extensiva (figura 1).

Con el fin de contar con indicadores de calidad de agua que puedan ser herramientas rápidas para estudios de monitoreo acuático, se han estudiado a las diatomeas presentes en nueve bordos –uno en cada microcuenca–, estas algas crecen en un rango amplio de hábitats y en condiciones ambientales muy variables que van de aguas limpias a ambientes alterados (Duong *et al.*, 2006). Se trata del primer estudio en la región y de los pocos para el estado; hasta el momento se han identificado 36 taxa, pertenecientes a 19 géneros, de los cuales uno pertenece al orden Centrales y 18 al orden Pennales. Los géneros con mayor número de especies fueron *Navicula* (5), *Nitzschia* (5) y *Gomphonema* (4), haciendo un total de 15 especies (42%), lo que puede interpretarse como que existe una alta capacidad de recuperación de la calidad del agua superficial, toda vez que son indicadoras de contaminación de carácter orgánico, principalmente.

En lo que respecta a la fauna, se han inventariado 268 especies de vertebrados incluyendo un área natural protegida (Magic, 2007), estimada como una riqueza moderada considerando aquellas especies registradas en el estado de Guanajuato y en todo el país (cuadro 1). Sin embargo, más de 10% de estas especies (29) están registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010) como en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial. Esto hace evidente la necesidad de promover la educación ambiental en todos los niveles y para todos los habitantes de la subcuenca.

El mosaico rural-urbano de la subcuenca y su heterogeneidad ambiental (que comprende desde las zonas templadas hasta las zonas semiáridas), son factores determinantes de la estructura de sus comunidades faunísticas, en las que, en general, predominan las especies generalistas en cuanto a sus requerimientos de hábitat y que juegan un papel ecológico preponderante en la dispersión de semillas y otros procesos que configuran la vegetación. De acuerdo con los habitantes ha habido disminución de la fauna debido a su cacería, recolección y a algunos usos tradicionales (Magic, 2009), lo que empeora por la falta de vigilancia y monitoreo que controlen a

Cuadro 1. Comparación de la biodiversidad de vertebrados terrestres entre la subcuenca Támbula-Picachos, el estado de Guanajuato y México.

	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
Especies en la subcuenca	3	13	41	172	39
Especies en la NOM-059-2010	0	6	14	8	1
Especies en el estado de Guanajuato	8	6	31	256	55
Especies en México	506	362	808	1 060	505

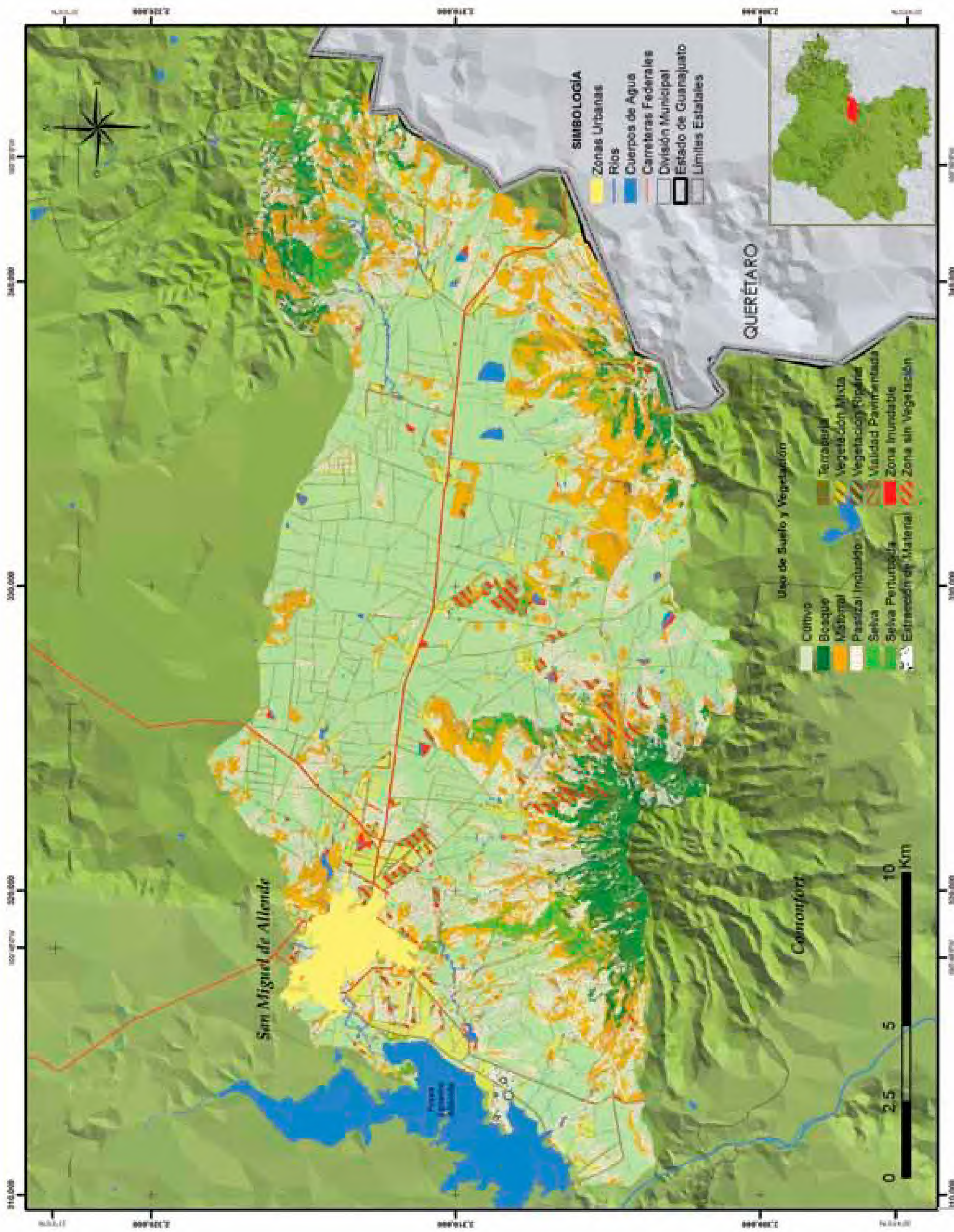


Figura. 1. Uso del suelo y la vegetación en la subcuenca Támbula-Picachos.

los saqueadores y que den seguridad a la población al evitar los enfrentamientos que provoca la regulación de estas actividades, realizadas en su mayoría por personas ajenas a las comunidades. Una excepción que debe atenderse de manera inmediata con la participación de las comunidades es el aprovechamiento de una planta llamada cucharilla (*Dasylirion parryanum*), aprovechada por los habitantes de las faldas del volcán Palo Huérfano para festividades tradicionales como la Santa Cruz y cuyo uso ha llevado a una considerable disminución de sus poblaciones.

Las amenazas para la biodiversidad en esta subcuenca, se derivan principalmente de los impactos causados por los cambios en el uso del suelo y la alteración de la cobertura vegetal, ya sea por las labores agropecuarias, por la expansión de la mancha urbana o el desarrollo de cierta infraestructura. Estos cambios, alteran las dinámicas poblacionales de las especies (sobre todo de aquellas más especialistas) y contribuyen a la dispersión de otras, como el muérdago, que se encuentra representado por tres especies dentro de la subcuenca, las cuales son invasoras que afectan mortalmente a los árboles hospederos como el mezquite, cazahuate y el encino, pero que puede ser utilizado como forraje para el ganado y así generar una actividad económica rentable para la población y evitar el cambio de uso del suelo permitiendo el buen aprovechamiento de los recursos naturales.

Propuestas de mejora de la cuenca

Con base en el análisis ambiental, que mostró una zona deteriorada con un alto grado de cambio de uso de suelo, se propuso la rehabilitación de la subcuenca considerando tres zonas funcionales: para la cabecera o parte alta de la subcuenca se planteó, como estrategia principal, la conservación y restauración de la biodiversidad y los recursos naturales, donde las alternativas de solución para el sobrepastoreo se requiere de una estrategia de manejo holístico del ganado y los agostaderos, sin embargo, el éxito futuro de estos procesos están condicionados a robustecer la organización de los ganaderos y ejidatarios que se dedican a esta actividad. En la parte media o de transición de la subcuenca, donde vive la mayoría de los habitantes rurales, se propuso una estrategia de reconversión productiva a partir de la agricultura, la ganadería diversificada, la fruticultura y la silvicultura, que consideren fuertemente la oferta de servicios ambientales agropecuarios. En la parte baja o de emisión de la subcuenca, se plantearon proyectos de desarrollo de la ganadería y agricultura empresarial, con tendencia al desarrollo de una cultura de producción orgánica e iniciar la contención del crecimiento de la zona urbana y la continua protección del área sujeta a protección ecológica del Charco del Ingenio y zonas aledañas que alberga a más de 150 especies de aves tanto residentes como migratorias.

En este sentido, se trata de una subcuenca representativa del centro de México, donde el nivel de deterioro ha llevado a una pérdida importante de la biodiversidad, pero que presenta una alta capacidad para recuperase de las alteraciones naturales y humanas, por lo que mediante un adecuado trabajo conjunto y participativo entre los actores sociales, académicos y gubernamentales, no sólo se podrá recuperar la estructura y funcionalidad de esta entidad natural, sino segmentos importantes de la biodiversidad perdida.

Literatura citada

Bustos, D.E., J.A. Espinosa y C.A. Tapia. 2003. *Diagnóstico participativo en comunidades rurales del semiárido de Querétaro y Guanajuato*, Publicación técnica núm. 1. Querétaro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Casillas, J.A. 2007. "Las microcuencas: una estrategia de desarrollo integral", en H. Cotler (ed.), *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. México, Instituto Nacional de Ecología (INE)/Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), pp. 259-275.

Duong, T., A. Feurtet-Mazel, M. Coste *et al*. 2006. “Dynamics of diatom colonization process in some rivers influenced by urban pollution (Hanoi, Vietnam)”, *Ecological Indicators* **7**: 839-851.

Magic (Maestría en Gestión Integrada de Cuencas). 2007. *Programa de Conservación y Manejo del Área de Preservación Ecológica Charco del Ingenio y zonas aledañas, Municipio de San Miguel de Allende*, informe técnico final. México, Municipio de San Miguel de Allende/Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

———. 2009. *Formación de una línea de base científica para el manejo de la subcuenca específica Támbula-Picachos, San Miguel de Allende, Guanajuato*, reporte final. México, Municipio de San Miguel de Allende/UAQ.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.



RESUMEN

Oscar Báez Montes | T. del Rosario L. Terrones Rincón

La biodiversidad proporciona una variedad de bienes y servicios de los cuales depende directa o indirectamente el bienestar humano. Los servicios que los ecosistemas proveen a las sociedades pueden ser de provisión, regulación, soporte y culturales.

Está incluido en esta sección un estudio histórico realizado de 1971 a 1979 en colaboración con un gran etnobotánico, Efraín Hernández Xolocotzi, con información que podría ser utilizada actualmente para ubicar sitios potenciales forrajeros y coeficientes de agostaderos; datos que pueden fundamentar el repoblamiento futuro de zonas degradadas.

Las actividades productivas dependen de la buena salud de los ecosistemas, por lo cual resulta conveniente fomentar su conservación y adecuado manejo, por ejemplo a través de transferencias tecnológicas a ganaderos que se implementó a nivel estatal, con la finalidad de mejorar el nivel de vida de sus familias y el uso sustentable de los recursos naturales, o las propuestas para el uso adecuado de pastos de temporal, importante para el desarrollo de actividades pecuarias. A pesar de que la pesca juega un papel secundario en el estado, con respecto a otras actividades productivas, resulta una actividad importante para pobladores en diversas localidades, vinculadas con los ecosistemas acuáticos de la entidad tanto para pesca comercial como de subsistencia.

La captura de carbono es uno de los servicios de regulación de los ecosistemas, en el cual se aborda un estudio de caso de la contribución que realiza un matorral espinoso en la regulación del clima local y que por su extensión representa un almacén importante de carbono en las plantas.

En algunas áreas protegidas se ha recopilado información sobre la utilidad de algunas plantas, así como sus usos tradicionales. Sobresalen los remedios medicinales hechos a base de diversas partes de plantas silvestres, además se incluyen mapas preliminares con la distribución probable o potencial de tres grupos importantes de especies con usos: medicinales, maderables y plantas multiusos con gran representación por parte de las leguminosas.

También se presenta el uso de algunos componentes de la flora de Guanajuato, iniciando con el aprovechamiento de la madera de encinos como carbón y se plantean propuestas para diversificar y potencializar su aprovechamiento; de la misma forma se han detectado algunas especies bajo protección pertenecientes al bosque tropical caducifolio (*Cedrela dugesii*), en zonas densamente urbanas como la ciudad de León, que pone de manifiesto la vulnerabilidad a su extirpación.

Algunas especies contienen un potencial interesante en la industria farmacológica, de perfumería y alimentos como el chilcuague (*Heliopsis longipes*) o el huizache (*Acacia farnesiana*), y otras, aunque no son nativas del estado, se han propuesto como alternativas en la producción de combustibles, como el bioetanol obtenido a través de los aceites de la higuerilla

Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz.

(*Ricinus communis*). Algunas especies de microorganismos (Diatomeas), son utilizadas como bioindicadores de la calidad de los ambientes.

Se plantea además el uso de recursos genéticos como el de las cubiertas de proteínas de los virus, presentes en plantas de Guanajuato para generar nanomateriales, y es a través de técnicas moleculares que se han identificado compuestos con beneficios potenciales a la salud.

Además de todos estos usos, los ecosistemas de Guanajuato proveen alimentos como las frutas, las semillas, las fibras y el aporte de proteínas a través de la carne a los guanajuatenses; su biodiversidad se encuentra ligada a sus tradiciones y saberes culinarios. Estos ejemplos resultan ser tan solo una pequeña muestra del amplio panorama de beneficios que representa la biodiversidad en el estado y de su vínculo estrecho con la sociedad.

LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS EN GUANAJUATO

Oscar Báez Montes | Luisa Vizcaíno González | José Valtierra Suárez | J. Isidro Cuevas Carrillo
María Zorrilla Ramos

Introducción

La relación íntima con la naturaleza ha propiciado el desarrollo de las sociedades humanas gracias a los servicios obtenidos de los ecosistemas terrestres o acuáticos, sus microorganismos (bacterias, algas, hongos), plantas, animales y la variabilidad genética contenida en ellos. De tal manera que la humanidad ha dependido siempre de los servicios otorgados por la biosfera y los ecosistemas (Hassan *et al.*, 2005).

Se les puede llamar *bienes* o *recursos* en algunos casos, cuando pueden ser valorados por su uso a través de procesos de transacciones o en mercados (Bifani, 1997). También se les conoce como *servicios ambientales*, concepto general según el cual los beneficios son obtenidos del medio ambiente sin particularizar en las relaciones para proveer dichos servicios (Balvanera y Cotler, 2007), y utilizado de manera común entre los tomadores de decisiones, como es el caso de México. En contraste, al utilizar el concepto de *servicios ecosistémicos*, se enfatiza el hecho de que es el conjunto de organismos, las condiciones abióticas y sus interacciones las que permiten que los seres humanos se vean beneficiados (Balvanera y Cotler, 2007).

Esta contribución pretende servir de preámbulo para el capítulo "Usos de la biodiversidad", en el cual se abordarán casos muy particulares



Figura 1. Provisión de agua en ecosistemas boscosos de Guanajuato (fotografía de Oscar Báez Montes).

Báez Montes, O., L. Vizcaíno González, J. Valtierra Suárez, *et al.* 2012. "Los servicios de los ecosistemas en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 199-206.

sobre los beneficios obtenidos de los ecosistemas del estado de Guanajuato. Se utilizará el marco conceptual de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Hassan *et al.*, 2005) para definir los servicios ecosistémicos clasificados en cuatro tipos: servicios de provisión, regulación, cultural y de soporte (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

Servicios de provisión

Los servicios de provisión se refieren a aquellos productos que se obtienen de los ecosistemas, tales como alimento, combustible, fibras, agua y recursos genéticos (Hassan *et al.*, 2005). Debido a las condiciones fisiográficas y a la manera en la que se configuró el uso del territorio en Guanajuato, la región conocida como el Bajío ha servido de forma histórica para la provisión de alimentos, no sólo para el consumo estatal, sino también a nivel nacional, razón por la cual en algún tiempo se le llamó el "granero de México" (Tellez-Valencia, 2009). Esta actividad se vio favorecida por la disponibilidad de agua proveniente del río Lerma, aunada a la creación de estructuras para el almacenamiento de agua (incluso la laguna de Yuriria en su creación fue concebida como un sistema regulador del río Lerma) para las actividades agrícolas. Con el tiempo estas estructuras han servido también para proveer otro tipo de servicios como son las actividades pesqueras, las cuales abordan de manera más amplia en este libro Mercado *et al.* (2012).

Existe también un reconocimiento sobre la importancia de los servicios de provisión de la biodiversidad dentro de la cocina guanajuatense (Almanza, 1999; Báez *et al.*, en este volumen), incluso el uso de alimentos asociados a tradiciones, como el caso de las tortillas ceremoniales (Juárez-Ramírez, 2010). Algunas de las variedades de plantas presentes en el estado, como el maíz Ratón, contienen gran cantidad de aminoácidos que los hace una importante fuente nutritiva para las comunidades del estado quienes mantienen la producción de esta variedad nativa como agricultura de subsistencia, a pesar de las condiciones de rezago social (Segura *et al.*, en este volumen).

Las plantas nativas del estado sirven como combustible, principalmente a las comunidades rurales, a través de la leña de especies como encinos (*Quercus* spp.) (figura 2) o pinos (*Pinus* spp.), obtenidos de ecosistemas templados del estado; asimismo especies de ecosistemas tropicales brindan este servicio, como palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), huizache (*Acacia farnesiana*), casahuate (*Ipomoea murucoides*) o mezquite (*Prosopis laevigata*), entre otras. Pero otras especies también proveen fibras (*Agave* spp., *Yucca filifera*), flores, polen, néctar, miel, frutos, resinas, forraje, también compuestos químicos como los taninos (usados en la curtiduría) o compuestos medicinales. Estos servicios de provisión son los que se reconocen más fácilmente, quizá por ser bienes tangibles y proporcionan el sustento básico de la vida humana (Balvanera *et al.*, 2009).



Figura 2. Provisión de leña en Bosque de *Juniperus* en Atarjea (fotografía de Oscar Báez Montes).

Servicios de regulación

Son los beneficios que obtiene la sociedad de la regulación de los procesos ecosistémicos, incluyendo el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima y su respuesta ante eventos naturales extremos, el control de la erosión, la regulación de enfermedades, control de plagas y la purificación del agua (Hassan *et al.*, 2005).

Debido a la vinculación entre los múltiples factores que componen los ecosistemas (factores abióticos, bióticos y sus interacciones), cualquier modificación en alguno de ellos puede

llevar a cambios en los beneficios que proveen, tal es el caso del estrecho vínculo entre los bosques y la capacidad de capturar carbono o la regulación del clima local.

En una estimación realizada por Torres y Guevara (2002) sobre el potencial de *captura de carbono* para las distintas entidades federativas del país, en función de los bosques, selvas y plantaciones forestales, se presentan valores de captura de carbono para la entidad de 51.685 miles ton (CO_2/año) (cuadro 1), los cuales se consideran como bajos en relación con los valores nacionales. De la misma manera, Torres y Guevara (2002) presentaron información sobre estimaciones de la *captura de agua* tomando en cuenta los bosques y selvas, en donde resultaron, asimismo, valores muy bajos (33.708 millones m^3) para la entidad, de tal manera que la recarga de este recurso resulta insuficiente para la demanda derivada de su extracción, con los valores deficitarios más altos del país (-855.48 Mm^3).

En el caso del suelo, constituye el soporte físico pero también la oferta nutrimental para plantas y las interacciones con los microorganismos que en él habitan, participan en el reciclaje de desechos y materia orgánica, incluyendo funciones para la asimilación y fijación de nutrientes como el nitrógeno (Balvanera *et al.*, 2009). Los suelos del estado presentan condiciones de degradación de manera moderada en 21% de su superficie, 1.6% severa y 1.1% con afectación extrema y presenta uno de los índices más altos de desertificación (IEE, 2008), consecuencias que pueden atribuirse a un manejo inadecuado en los sistemas productivos (agrícola, forestal, ganadero y minero).

Cuadro 1. Potencial de captura de carbono y agua para el estado.

	Bosques	Selvas	Plantaciones	Total
Estimación del potencial de captura de carbono (miles de t de CO_2/año)	48.198	2.424	1.063	51.685
Estimación del potencial de la captura de agua (millones de m^3)	19.520	14.188	-	33.708

Otro efecto derivado de los desequilibrios ecosistémicos como el calentamiento global puede tener repercusiones en la salud tanto de los ecosistemas como de los seres humanos. La OMS (2008) menciona que el cambio climático pone en peligro la calidad y disponibilidad del agua y los alimentos, factores fundamentales de la nutrición y la salud.

Servicios culturales

Son los beneficios intangibles (no materiales) obtenidos de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, recreación y aspectos estéticos (Hassan *et al.*, 2005) (figura 3).

Las percepciones culturales de los pueblos y municipios han estado presentes desde su establecimiento y algunas de ellas permanecen en la actualidad, hecho que se muestra en el origen de muchos de los nombres de municipios con orígenes prehispánicos, que hacen alusión a elementos biológicos de los sitios donde se asentaron dichos grupos. Por ejemplo, Guanajuato proviene del vocablo purépecha *Quanaxhuato*, que puede tener dos significados: "lugar montuoso de ranas" o "lugar de muchos cerros"; Abasolo, cuyo nombre original era Cuitzeo, palabra tarasca que significa "lugar de zorrillos"; a Salvatierra la denominaban los antiguos habitantes prehispánicos como Guatzindeo o "lugar de hermosa vegetación" (INAFED-Segob, 2010) (cuadro 2). También se encuentran presentes en sus escudos de armas, por ejemplo, en el de Yuriria se encuentran ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*) en uno de sus cuarteles y manantiales, o el de los cráteres de las Siete Luminarias en el municipio de Valle de Santiago, o el sabino con sus raíces, componente central del escudo de armas del municipio de Pénjamo.

En las celebraciones familiares y religiosas, las comunidades otomíes de los municipios de Comonfort y San Miguel de Allende suelen pintar las tortillas con imágenes de animales, plantas o símbolos religiosos, como forma de expresar los motivos del festejo, el que contribuye a mantener los vínculos familiares y hace partícipe a la familia en la expresión de sus emociones (Juárez-Ramírez, 2010). En este sentido, la biodiver-



Figura 3. *Súchil* elaborado con “cucharilla” (*Dasylirion acrotriche*) para diversas festividades culturales en San Miguel de Allende (fotografía de Oscar Báez Montes).

Cuadro 2. Relación cultural respecto al nombre de los municipios del estado con elementos de la diversidad biológica del estado.

Nombre del municipio	Vocablo	Origen	Significado
Abasolo	Cuitzeo	Purépecha	Lugar de zorrillos
Acámbaro	NE	Purépecha	Lugar de magueyes
Apaseo el Alto	Atlayahualco	Náhuatl	Lugar de manantiales. Por donde el riego rodea la tierra
Apaseo el Grande	Andahe	Otomí	Cerca o junto al agua
	Atlayahualco	Náhuatl	En el rodeo de agua. En el cerco del agua
	Apatzeo	Purépecha	Flor amarilla, Agua acanelada Prominencia caliza o Lugar donde florecen las apatzecuas Lugar de Apatzis o Lugar de comadrejas*
Cuerámaro	Cuerámaro	Tarasco	Al abrigo de los pantanos
Dolores Hidalgo	Anteriormente llamado Cocomacán	NE	Lugar donde cazan tórtolas
Guanajuato	Quanaxhuato	Purépecha	Lugar montuoso de ranas, Lugar de muchos cerros
Huanímaro	Cuaimaro	Tarasco	Lugar de trueque
Jerécuaro	NE	Purépecha	Lugar donde se tuesta maíz
Pénjamo	NE	Tarasco	Lugar como nido
Pueblo Nuevo	NE	Otomí	Lugar de sabinos
Salvatierra	NE	Guatzindeo	Lugar entre dos ríos
Santiago Maravatío	Maravatío	Tarasco	Lugar de hermosa vegetación
Silao	Tzinacua	Tarasco	Lugar precioso
Tarandacuao	Tarandacuao	Tarasco	Lugar de humaredas
Tarimoro	Tarimoro	Tarasco	Lugar por donde entra el agua
Uriangato	Uriangato	Tarasco	Lugar de sauces
Valle de Santiago	Anteriormente llamado Camémbaro	Tarasco	Donde el sol se levanta
Yuriria	Yuririapúndaro	Purépecha	Lugar de ajenjo

Fuente: Inafed-Segob, 2010. NE: No especificado * Según el historiador don Vicente Rivapalacio.

sidad ha sido un elemento no reconocido que ha configurado una parte de la cultura del estado; este estudio puede abrir la puerta para generar nuevas investigaciones al respecto. Por otra parte, la conservación de los ecosistemas y de manera específica de los paisajes naturales del estado es también una ventana de oportunidad para la valoración de este servicio (en sitios como Sierra de Lobos, la Sierra Gorda de Guanajuato, la Cuenca de la Esperanza, las Siete Luminarias o la Sierra de Pénjamo, por poner algunos ejemplos) dado que cada vez se reconoce más la importancia de conservar la belleza escénica.

Servicios de soporte

Hay una serie de recursos naturales que no son susceptibles de apropiación ni tienen un valor de intercambio en el mercado y que, sin embargo, son utilizados directa o indirectamente por el ser humano (Bifani, 1997), en esta categoría se pueden incluir los servicios de soporte, que son aquellos necesarios para la producción de todos los otros servicios ecosistémicos, tales como la producción primaria, producción de oxígeno, formación de suelo (Hassan *et al.*, 2005) y mantenimiento de la biodiversidad (Balvanera *et al.*, 2009). Estos servicios constituyen uno de los retos más importantes, ya que su valoración no depende de un precio ni de una visión de corto plazo, sino de la idea de sustentabilidad pensada en términos de las generaciones futuras. Estos servicios en muchos casos son poco conocidos por los tomadores de decisiones y por la sociedad en general. El reto para Guanajuato es generar mayor información que lleve a un mayor conocimiento e interés común por salvaguardarlos.

El esquema de pago por servicios ambientales

El pago por servicios ambientales proviene de la idea de valorarlos de manera tangible mediante una retribución por parte de quienes se benefician de los servicios que proveen los ecosistemas y así garantizar su conservación y restauración (Wunder *et al*., 2007).

En México existe, a nivel nacional, un esquema gubernamental para el pago por servicios ambientales (PSA), en el que la Comisión Nacional Forestal (Conafor) opera apoyos a través del programa denominado Proárbol, bajo dos modalidades: Servicios ambientales hidrológicos y Conservación de la biodiversidad, donde los propietarios de terrenos forestales pueden acceder a dichos apoyos cumpliendo con los requisitos específicos de la convocatoria que se realiza año con año.

Los subsidios se otorgan con el objetivo de conservar la cobertura boscosa, lograr la recarga de acuíferos y manantiales y evitar la erosión de suelo, así como promover la conservación de la biodiversidad (flora y fauna silvestre) en ecosistemas forestales y sistemas agroforestales.

Uno de los primeros requisitos es encontrarse dentro del área elegible para cada modalidad, dichas áreas son definidas por la Conafor (figura 4) bajo los principales criterios para el caso de los servicios ambientales hidrológicos: importancia de los ecosistemas, coberturas forestales, disponibilidad y extracción de agua del acuífero, zonas de recarga cercanas a zonas metropolitanas y grado de degradación de los suelos.

En 2011 la superficie del estado con posibilidades de recibir apoyos por medio del programa de PSA de la Conafor fue de 394 492 ha, que corresponde a 12.9% de la superficie estatal (cuadro 3). Las superficies elegibles se localizan en 22 municipios, principalmente en la región noreste del estado (Xichú, Atarjea, Victoria, San Luis de la Paz), en el centro y noroeste del estado (Guanajuato, San Felipe, León, Ocampo), siendo la zona ecológica templada subhúmeda la que mayor superficie de áreas elegibles abarca.

Los compromisos que adquieren los beneficiarios del PSA, para el caso de personas morales, son: evitar cambio de uso de suelo; conservar la cobertura forestal y evitar la degradación; colocar al menos dos anuncios alusivos al programa por cinco años; evitar el sobrepastoreo. Asimismo, el técnico deberá organizar al menos dos talleres por año para el fortalecimiento de capacidades del beneficiario en el tema, realizar actividades de vigilancia y combate de incendios, que incluya la formación de al menos una brigada, elaborar (con apoyo del asesor técnico) un programa de mejores prácticas de manejo e iniciar su ejecución a partir del segundo año, basados en procesos de planeación participativa, conservar la cobertura forestal y evitar degradación, elegir al menos tres actividades relevantes de la lista en la guía de mejores prácticas de manejo e iniciar su ejecución a partir del segundo año, basada en procesos de planeación participativa.

Consideraciones finales

Resulta indispensable identificar las zonas del estado que otorgan a la población guanajuatense servicios de provisión, regulación y de soporte, mediante un análisis cartográfico con diversas variables que determinan estos servicios.

Los cambios que ocurran en los distintos niveles de la biodiversidad pueden influir en todos los servicios que proveen (Hassan *et al.* 2005), de tal forma que este capítulo se encuentra íntimamente ligado con el de amenazas.

El programa de PSA resulta ser un esquema de apoyo para aquellas comunidades o propietarios que reciben una compensación económica por mantener los ecosistemas (principalmente los bosques) y sus servicios a cambio de otras opciones productivas de uso de la tierra. Se desconoce si el programa ha generado conciencia entre los dueños de las tierras, y en los que se benefician de la provisión de los servicios ambientales, sin embargo, no existen aún los programas de comunicación y educación ambiental que permitan que la población en general tome conocimiento de estos beneficios, de tal forma que aún queda un largo camino para generar mercados locales potenciales con el propósito de mantener los ecosistemas en función de los servicios que proveen.

Este esquema de PSA en el estado puede considerarse de reciente operación, sin embargo, valdría la pena analizar de manera muy específica su operación y resultados con la finalidad

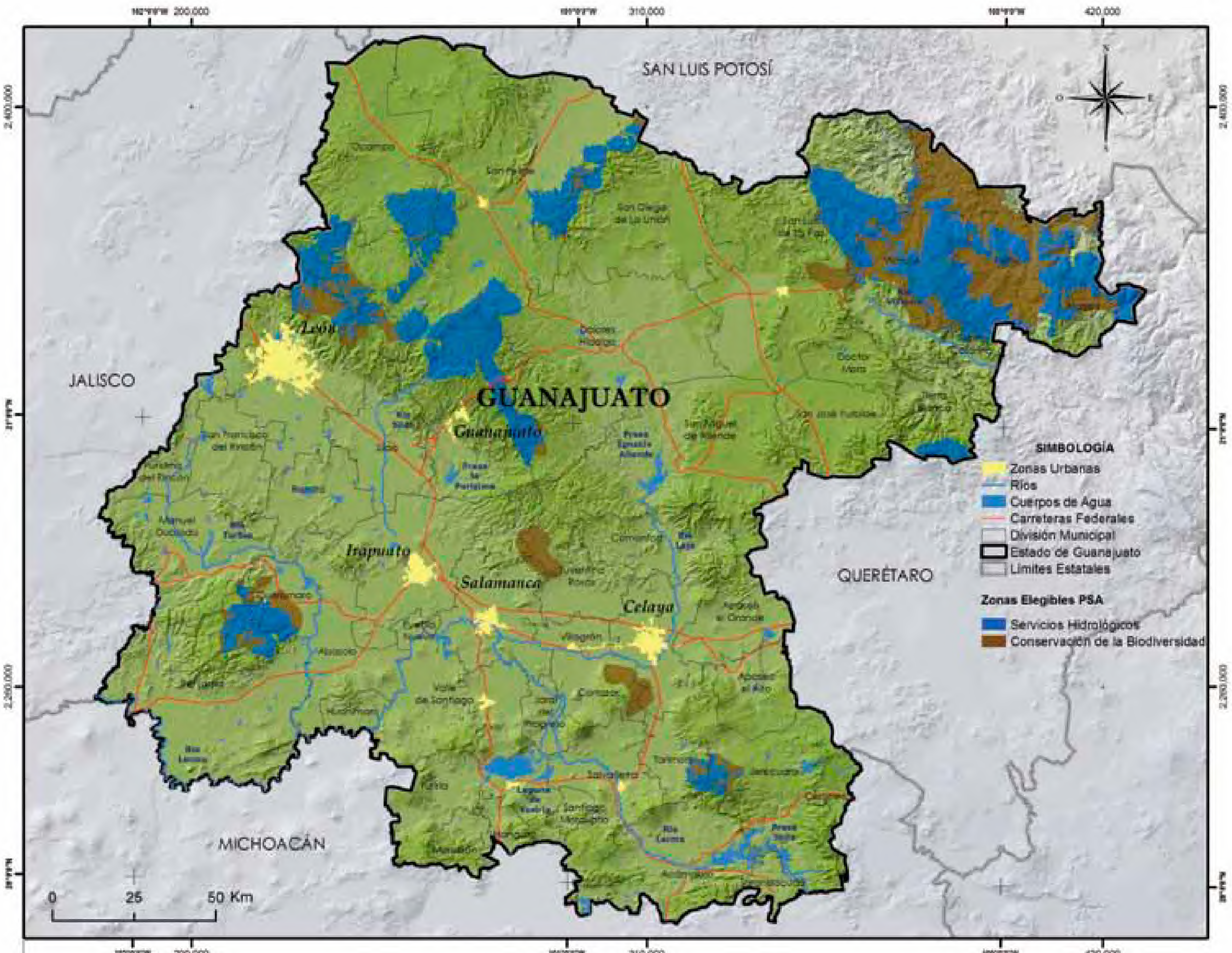


Figura 4. Áreas elegibles para el Pago por Servicios Ambientales (PSA) en el estado (Conafor, 2011).

Cuadro 3. Superficie estatal para el pago por servicios ambientales.

Tipo	Superficie (ha)	Porcentaje de la superficie estatal
Servicios ambientales hidrológicos	247 751.1	8.1%
Conservación de la biodiversidad	146 740.9	4.8%
Total	394 492.0	12.9%

Fuente: Conafor, 2011.

de fortalecerlo y garantizar el cumplimiento de los objetivos de dicho programa.

Es muy cierto que no es posible asegurar la sustentabilidad en la provisión de estos servicios sin asegurar el mantenimiento de los ecosistemas que los proveen y de su biodiversidad asociada (Balvanera *et al.*, 2009). También hay que avanzar en el reconocimiento y la creación de mecanismos de conservación para servicios ambientales más allá de los recursos forestales. Los cuerpos de agua, las zonas semiáridas, la agrobiodiversidad son aún algunos de los ejemplos sobre el gran potencial que tiene la entidad si se abren las opciones y los programas a otro tipo de servicios ambientales. Finalmente, para el estado de Guanajuato uno de los retos más importantes es concientizar a la población en general, y principalmente a la que habita en las zonas urbanas, sobre la conservación de los servicios ambientales, ya que los beneficia, y comprometerse con ello.

Literatura citada

Almanza, R.A. 1999. *Recetario guanajuatense del Xoconostle*. México, Consejo Nacional para la Cultura y la Artes (Conaculta).

Balvanera, P. y H. Cotler. 2007. "Acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos", *Gaceta Ecológica* número especial **84-85**: 8-15.

———, H. Cotler *et al*. 2009. "Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos", en *Capital natural de México*, vol. II, Estado de conservación y tendencias de cambio. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), pp. 185-245.

Bifani, P. 1997. *Medio ambiente y desarrollo*. México, Universidad de Guadalajara.

Conafor (Comisión Nacional Forestal). *http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/proarbol/convocatoria-de-reglas-de-operacion-2011/areas-prioritarias*, última consulta 3 de mayo del 2011.

Hassan, R., R. Scholes y N. Ash (eds.). 2005. *Ecosystems and well–being: Current state and trends*, vol. 1, Island Press, pp. 26-36, en http://*www.maweb.org/documents/document.765.aspx.pdf*, última consulta enero de 2011.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2008. *Informe Ambiental del Estado de Guanajuato*. Guanajuato, México.

Inafed/Segob (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal-Secretaría de Gobernación). 2010. *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, en http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_guanajuato*, última consulta en marzo de 2011.

Juárez-Ramírez, K.J. 2010. *Tortillas ceremoniales*. Guanajuato, México, Instituto Estatal de la Cultura de Guanajuato/ Ediciones La Rana.

Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and Human Well-being: a framework for assessment*. Editado por el Instituto de los Recursos Mundiales (WRI).

OMS (Organización Mundial de la Salud). *Protección de la salud frente al cambio climático*. 2008. Día Mundial de la Salud 2008, en *http://www.who.int/world-health-day/toolkit/report_web_summary_es_whd.pdf*, última consulta enero de 2011.

Téllez-Valencia, C. 2009. *Modernas localizaciones industriales y organización difusa*. México, El Colegio de Michoacán.

Torres, J.M. y A. Guevara. 2002. "El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico", *Gaceta ecológica* **63**: 40-63.

Wunder, S., S. Wertz-Kanounnikoff y R. Moreno-Sánchez. 2007. "Pago por servicios ambientales: una nueva forma de conservar la biodiversidad", *Gaceta ecológica* número especial **84-85**: 39-52.

INFORMACIÓN MULTIDISCIPLINARIA PARA EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE: CERRANDO FILAS CONTRA LA EXPLOTACIÓN

Rosalía Susana Lastra Barrios

Introducción

México se sitúa entre los cinco países más diversos del planeta, al contar con 26 000 especies de plantas y casi 65 000 especies de animales, de los cuales 1 041 son aves, 707 reptiles, 439 mamíferos y 282 anfibios (Mittermeier y Goettsch, 1992); asimismo, 62% de los anfibios y reptiles y 32% de mamíferos son especies que se encuentran exclusivamente en el territorio mexicano. De acuerdo con la riqueza biológica a nivel nacional, el estado de Guanajuato destaca particularmente por la elevada cantidad de especies de fauna endémica. Sin embargo, el desequilibrado crecimiento en la exportación directa e indirecta de sus recursos naturales y la acelerada forma de explotación del medio ambiente resultan evidentes incluso a simple vista, lo cual hace necesario implementar acciones de conservación con base en una valoración cualitativa de los recursos naturales.

Situación actual

Hasta el momento, en la entidad no parece haberse logrado un equilibrio entre el desarrollo sustentable y el uso de los recursos naturales. Por ello, es necesario esclarecer con claridad los factores que afectan de manera negativa el ambiente con el fin de impulsar desde todos los puntos de vista la prevención de amenazas por la alteración de hábitats (Lastra y Ferro, 2004). Dichas alteraciones son generadas en gran medida debido al cambio de uso de suelo (como es el establecimiento de monocultivos y la apertura de bosques y selvas para su uso urbano), la sobreexplotación de mantos acuíferos, su contaminación por desperdicios y en general la contaminación química por usos industriales y domésticos que afectan la tierra, agua y atmósfera.

De acuerdo con lo anterior, tenemos que evaluar la eficacia y eficiencia de las acciones públicas, federales y estatales, para garantizar primero el respeto a la vida y, luego, la preservación de los ecosistemas. Para tal fin es necesario fortalecer los espacios de reflexión y promocionar el establecimiento de metodologías apropiadas para concientizar al empresariado y a la población sobre el tema.

Además, es importante retomar con sentido prospectivo los notables esfuerzos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi) para medir los costos sociales de la actividad económica sobre el medio ambiente, con el fin de valorarlos de manera alternativa. El Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM) examina problemas y cuestiones ambientales relevantes, aunque se limita a aquellos cuya determinación de aspectos es cuantificable (por variables y descriptores estadísticos). Esto abre las posibilidades de apoyar la valoración de requerimientos, fuentes y compilación de datos que incluyan también la asignación de un valor cualitativo a los recursos monitoreados, lo que permitiría mejorar la toma de decisiones sobre el medio ambiente.

El "producto ecológico",[1] también llamado producto verde, es un indicador clave encaminado a medir el avance o retroceso en la sustentabilidad, que se basa en la estimación del Producto Interno Neto Ecológico (PINE),[2] el cual indica el gasto aplicable a la protección ambiental como porcentaje del PIB y de los costos por

[1]PIB ecológico = PIB-CTADA. Donde CTADA = depreciación de capital natural (degradación del medio ambiente y contaminación).
[2]PINE: indicador que relaciona la producción y el gasto en relación con los montos deducidos por concepto de la depreciación de la maquinaria y equipo, así como los montos totales del agotamiento y degradación del medio ambiente (impacto ambiental), resultado de las actividades de producción, distribución y consumo de la economía en general.

Lastra Barrios, R. S. 2012. "Información multidisciplinaria para el cuidado del medio ambiente: cerrando filas contra la explotación" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 207-209.

agotamiento y degradación ambiental, con el fin de apoyar la defensa del medio ambiente.

En el cuadro 1 se observa la relación entre el gasto invertido en la protección ambiental respecto al PIB y el índice de deterioro de los recursos.

Perspectivas

En Guanajuato existen pocos grupos organizados decididos a gestionar sobre una base sólida y robusta la reversión de la negativa realidad anteriormente descrita con la exigencia de legislaciones y acciones que detengan las prácticas nocivas (por ejemplo, en industrias contaminantes, de productos mortíferos y degradantes de nuestro hábitat). Es urgente aumentar, por consiguiente, los incentivos a la investigación científica en general y a los estudios de caso particulares dentro y fuera de las universidades. Además, hay que desarrollar enfoques teóricos que mejoren la estimación de las externalidades[3], tanto positivas como negativas, generadas por la actividad económica, especificando la de uso nacional y la dirigida a fines de exportación. Además, se requiere implementar campañas de concientización bien documentadas sobre la imperiosa necesidad de reducir el uso de productos perjudiciales, no sólo para el medio ambiente del presente y del futuro, sino por sus consecuencias para el individuo (por ejemplo, labiales con plomo y cremas hechas a base de grasas animales) y para la sociedad (por ejemplo, productos plásticos de consumo no duradero como teléfonos celulares y electrodomésticos).

La tarea pendiente de fondo es demostrar de forma contundente que las consecuencias del empobrecimiento de la biodiversidad son una realidad a la cual debemos enfrentar urgentemente. De la misma manera, el sector educativo tiene la labor de generar consensos para emprender acciones interdisciplinarias programáticas efectivas.

Por otra parte, es clave disponer de estímulos vanguardistas (no económicos) para los líderes de las distintas ciencias que trabajen más de cerca con el poder público, sobre todo con aquellos dispuestos a formalizar nuevas maneras de operar por coordinaciones mixtas de vigilancia en los aspectos de cuidado ya regulados. De esa forma, los indicadores de medición de los costos sociales de la actividad productiva y de zonas urbanas se traducen en decisiones y acciones efectivas de protección a los recursos naturales.

La divulgación en las escuelas de todos los niveles educativos de información geoestadística y económica que dimensione las evidentes pérdidas ha de ayudar en la activación de reacciones favorables y comprometidas y en la exigencia de responsabilidad a los implicados resistentes, lo que es evidente para quienes tenemos presente la imagen de la entidad de hace apenas 20 años en contraste con la presente. Basta con plasmar una imagen de la pobreza en que ha caído el paisaje de cactáceas en los municipios del noreste –que antes presentaba una exuberante riqueza de biznagas, garambullos y nopales–, que están en peligro de extinción por la falta de políticas de conservación a pesar de la importancia de estas especies respecto a sus usos medicinales y su poder alimenticio.

Finalmente, falta perfilar la discusión de largo alcance sobre la responsabilidad para realizar esfuerzos coordinados en la entidad con el objetivo de lograr, primeramente, el trabajo conjunto, articulado, genuinamente interconectado y de buen ánimo entre científicos naturales, exactos y sociales sobre el equilibrio ambiental y el cuidado de la

Cuadro 1. Gastos de protección ambiental (GPA) como porcentaje del PIB (primera columna) y de los costos por agotamiento y degradación ambiental (segunda columna) (Inegi, 2006). Fuente: Conafor, 2011.

Año	GPA/ PIB	GPA/ CTADA
1996	0.3	2.8
1997	0.2	2.3
1998	0.3	2.7
1999	0.5	4.6
2000	0.5	4.5
2001	0.5	4.6

[3]Externalidad: concepto que engloba los intentos de medir el valor económico-social de una inversión incorporando la mayor cantidad de agentes relacionados directa e indirectamente de manera exógena a la misma, pero que serán beneficiarios o perjudicados con el proyecto. Este enfoque socioeconómico de la inversión va más allá del marco del análisis financiero-empresarial, para enfrentar los impactos incluso no monetarios para el medio ambiente o grupos humanos determinados.

ecología, lo que, luego, debería coordinarse con el sector público y la base empresarial identificada como responsable, tendiendo un cerco informativo ciudadano. Se requieren esfuerzos recíprocos de comunicación de los resultados analíticos, a través de un lenguaje accesible, en donde se determinen los beneficios trascendentales del actuar conjunto para así lograr la aplicación coherente de mayor gasto público en el cuidado ecológico, inversión traducible en calidad de vida postrera. Con este cierre de filas seguramente se transitará a nuevas generaciones que utilicen los criterios de humanidad, fijando la idea de que todo costo aplicado al cuidado ecológico no es atentatorio *per se* contra la ampliación de los beneficios económicos sino, por el contrario, que la potenciación de su uso racional es una de las condiciones que no deben seguir siendo ignoradas sino garantizar el equilibrio de la organización de la biodiversidad en todos sus niveles y en cualquier latitud.

Literatura citada

Lastra, B.R. y H. Ferro. 2004. "Un Acercamiento al Estudio de la Demanda por Suelo y Vivienda en León, Gto., Enfatizando la Informal", *Revista Acta Universitaria* **14**: 59-70, en *http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41614206&iCveNum=0*

Mittermeier, M.A. y C. Goettsch. 1992. "La importancia de la diversidad biológica de México", en J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), pp. 63-73.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2006. "Información de Guanajuato", en *http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/territorio/recursos_naturales.aspx?tema=me&e=11*

ESTUDIO DE CASO

AGROFORESTERÍA CON ÁRBOLES Y ARBUSTOS NATIVOS: UNA OPCIÓN DE USO DEL SUELO EN GUANAJUATO

Teresita del Rosario L. Terrones Rincón | Miguel Ángel Hernández | Claudia Martínez Cristina González | Santa Ana Ríos Ruíz

Introducción

El cambio del uso del suelo a nivel mundial ha impactado irreversiblemente a muchos ecosistemas y en particular a la diversidad de especies. El estado de Guanajuato es un ejemplo de cómo se ha impulsado el desarrollo económico sin considerar la contaminación ambiental y los costos por la degradación de los recursos naturales. Con una superficie de 3 062.82 ha y casi cinco millones de habitantes, es evidente que Guanajuato presenta un paisaje con un alto índice de antropización de la cobertura vegetal, por ello es importante diseñar estrategias de restauración que permitan un desarrollo regional sustentable y que propicien ecosistemas con la capacidad para brindar tanto servicios ambientales como productividad (Inegi, 2008; Priego *et al*., 2004).

Revertir el proceso de deterioro ambiental y aumentar la cobertura de los diferentes tipos de vegetación requiere de la participación de todos los sectores productivos así como de políticas que lo fomenten. Pero también se necesita del conocimiento de las relaciones entre las especies y los ecosistemas que fundamente la generación de estrategias encaminadas a la reforestación, manejo de agostaderos, productividad en zonas agrícolas de temporal, entre otras. Esta reflexión nos ha motivado a conocer el uso de las especies nativas de árboles y arbustos presentes en territorio guanajuatense para incorporarlas como componentes esenciales en el diseño de sistemas agroforestales, creando una alternativa potencial de uso del suelo en Guanajuato.

Existe consenso mundial sobre la importancia de la agroforestería en el aumento de la cobertura y calidad de la vegetación nativa, componente necesario para disminuir el deterioro de suelos, contribuir a mitigar los efectos del cambio climático, fortalecer la cultura ambiental y obtener servicios ambientales (Jose, 2009; Krishnamurthy *et al*., 2003; Ramachandran, 1997); por ejemplo en los sistemas agrosilvopastoriles las especies arbóreas pueden proporcionar los siguientes beneficios:

1. Mejoran el reciclaje de nutrientes dentro de los potreros, ya que sus raíces bombean nutrientes del subsuelo no accesibles para las pasturas. Las especies leñosas incorporan los nutrientes a su biomasa y luego los regresan a la superficie del suelo a través de los aportes de hojarasca. Algunas especies de árboles, especialmente los leguminosos, tienen la capacidad de fijar altas cantidades de nitrógeno atmosférico (por la simbiosis con microorganismos del suelo, como *Rhizobium* sp.); reduciendo las necesidades de la fertilización nitrogenada en los potreros.
2. Pueden funcionar como un sistema de banco de proteína y un banco energético, en donde las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas crecen en bloque compacto y con alta densidad y calidad nutritiva, más de 15% de proteína cruda, además de presentar altos niveles de energía digerible, más de 70% de digestibilidad.
3. En ecosistemas de bosque seco, además de reducir el estrés calórico de los animales, fijar nitrógeno atmosférico y ayudar a la conservación de la fauna silvestre, aportan altas cantidades de frutos a la dieta de los animales, directamente en el potrero. Los árboles generan microclimas que mantienen a los animales dentro o cerca de su rango de termo-neutralidad. Los animales, al entrar en estrés calórico y no poder liberar el calor interno eficientemente, reducen su consumo, el tiempo de pastoreo y rumia. Los microambientes permiten rangos de temperatura donde los animales pueden crecer (se han encontrado reducciones

Terrones, R. T. D. R. L., M. Á. Hernández, C. Martínez, *et al.* 2012. “Agroforestería con árboles y arbustos nativos: una opción de uso del suelo en Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 210-213.

de temperatura bajo la copa de los árboles de 2-9 °C en comparación con áreas abiertas) y la variedad de especies de árboles pueden diversificar la producción (aportando madera, leña, frutas, servicios ambientales, agroecoturismo). Estas especies se pueden sembrar como cercas vivas, pero la combinación con arreglo de árboles dispersos en potrero genera un microclima con mayor efecto.

Árboles y arbustos nativos multipropósitos

Basándose en la necesidad de generar información y tecnología sobre el manejo silvícola de arbustivas nativas, el INIFAP planteó en el año de 1999 un proyecto agroforestal con enfoque de investigación participativa, como herramienta fundamental para obtener mayor información en menor tiempo y lograr la educación y transferencia de conocimientos a pobladores de zonas marginadas con tierras de temporal. Las arbustivas multipropósitos y sus nombres comunes se identificaron mediante 61 encuestas que se aplicaron en comunidades consideradas con alta y muy alta marginación de 23 municipios del estado. Los entrevistados se ubicaron en dos rangos de edad: 21 a 65 años y mayores de 65 años. Además de los datos derivados de las encuestas se integró información obtenida en más de 400 recorridos por las serranías del estado, en los que se verificó la altitud y condiciones ecológicas de los sitios donde se encuentran dichas arbustivas.

La identificación de nombres científicos y rasgos generales de las especies se obtuvieron de fuentes bibliográficas, y algunos ejemplares se verificaron en diversos herbarios. Se detectaron 206 especies nativas multipropósitos que pertenecen a 109 géneros de 42 familias botánicas pertenecientes principalmente a vegetación de zonas semiáridas o trópico seco –selva baja caducifolia, pastizal desértico, matorral espinoso y mezquitera, clima subhúmedo templado y humedales o ribereñas. Debido a la biodiversidad de especies encontradas, se requirió buscar información y experimentar con la mayoría de las semillas para contar con información sobre la propagación de las especies. De las especies registradas, 46% pertenecen a cuatro familias: Faboideae (leguminosa) con 52 arbustivas, Fagaceae con 15 encinos, Rhamnaceae con 12 especies y Asteraceae (con flores semejantes al girasol) con 13 especies (Terrones *et al.*, 2004).

Los usos actuales de las arbustivas que señalaron los pobladores del estado de Guanajuato, en orden de importancia, son: combustible, forraje, medicina, construcción, servicio ambiental, artesanal y religioso o cultural (figura 1).

Aptitud agroforestal

Considerando la posibilidad de ampliar el potencial de uso del suelo en tierras de temporal improductivas o degradadas, se considera im-

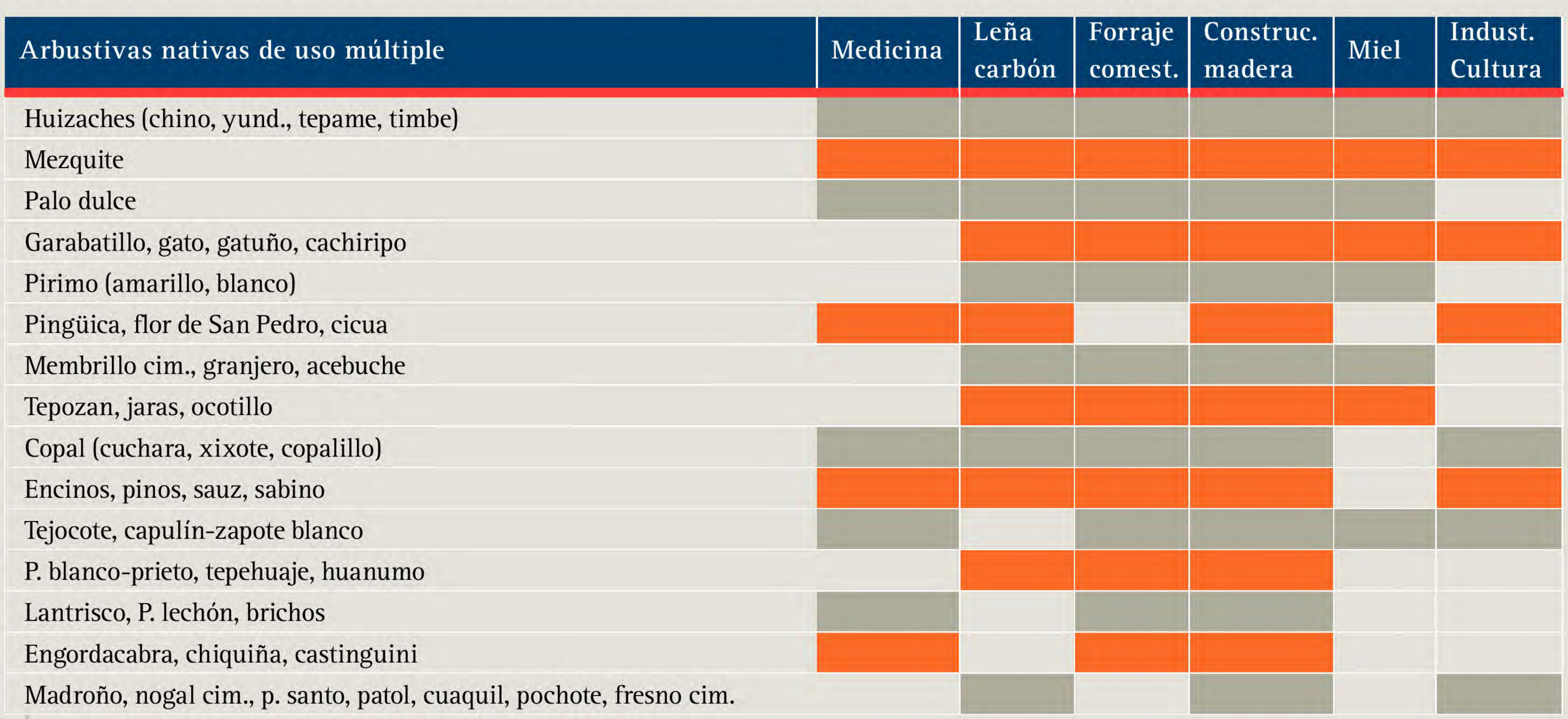


Figura 1. Principales especies de árboles y arbustos multiusos en comunidades rurales del estado de Guanajuato.

portante plantar especies arbóreas que a mediano plazo restauren los suelos y permitan intercalar cultivos o pastos en parcelas que actualmente sólo son consideradas con potencial agrícola o de agostadero. A partir de la cartografía elaborada por Terrones *et al.* (2007) se ubicaron hábitats para 206 especies para determinar el potencial para el establecimiento exitoso de plantaciones con especies consideradas agroforestales de uso múltiple nativas de Guanajuato y de la selva baja caducifolia. Para la delimitación de las áreas potenciales de distribución y adaptación se consideró la caracterización ambiental de los sitios de colecta y la localización de áreas con características similares (Hassan *et al.*, 1998). Se ingresaron las coordenadas de cada sitio de colecta en el SIG "Almanaque (ACT) de Guanajuato" (Corbett *et al.*, 2001), para la determinación ambiental de cada familia botánica se obtuvieron valores puntuales de características ambientales a partir de mapas digitales actualizados: topografía (altitud y pendiente), clima (valores anuales o durante cierto periodo definido de temperatura, precipitación, evaporación y otros índices climáticos) y suelo (unidades, profundidad, fases físicas, fases químicas y texturas).

Las áreas con aptitud potencial agroforestal se clasificaron y cuantificaron en cuatro categorías: muy buena, buena, media y baja. Con esta metodología se logró agrupar a 32 familias botánicas y 204 especies de arbustivas nativas de uso múltiple, las cuales pertenecen principalmente a la vegetación de zonas semiáridas o trópico seco, como la de selva baja caducifolia, pastizal desértico, matorral espinoso y mezquitera, clima subhúmedo templado y condiciones húmedas o ribereñas (figura 2). El resto de las especies no se lograron agrupar debido a la diversidad de sus requerimientos ambientales.

En la categoría de "muy buena aptitud" estuvieron varias especies de la familia Fabaceae, subfamilias Mimosoideae con 1 123 511 ha, Caesalpinoideae con 1 042 102 ha y Papilionoideae con 1 039 173 ha, respectivamente. Se presentan estos ejemplos ya que se encuentran

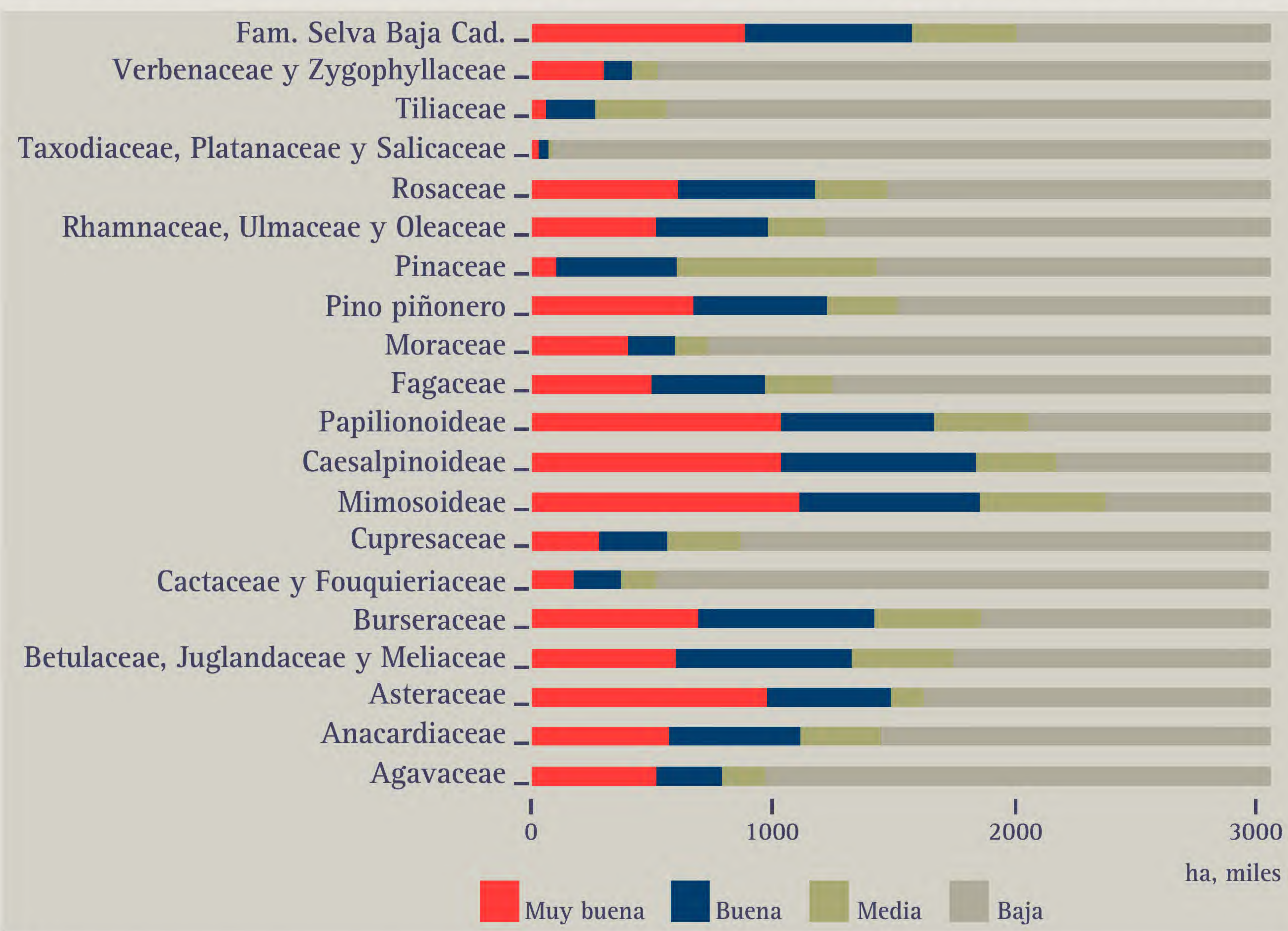


Figura 2. Superficie por aptitud agroforestal potencial para arbustivas de varias familias botánicas en el estado de Guanajuato Terrones *et al.*, 2007.

distribuidas en todo el estado y presentan características muy importantes para la obtención de servicios ambientales y su utilización para leña y forraje. Las especies con menor superficie corresponden a las familias Pinaceae con 103 151 ha, Tiliaceae con 52 028 ha y Taxoideae/Platanaceae/Salicaceae con 32 058 ha.

En los rangos de "aptitud buena" se encuentran para las especies de las familias Fabaceae, subfamilias Faboideae, Papilionoideae y Mimosoideae con 802 509 ha, Betulaceae/Juglandaceae/Meliaceae con 740 809 ha, y Burseraceae con 728 273 ha. La distribución de estas especies es variable y se utilizan como leña, forraje, medicina, ceremoniales, construcción, entre otros. Por otro lado, resalta la presencia en esta categoría de las familias Cactaceae/Fouquieriaceae con 197 003 ha, y Verbenaceae/Zygophyllaceae con 125 865 ha, ya que tienen especies con requerimientos climáticos y edáficos presentes al norte y noreste del estado y son de vital importancia tanto por el valor comercial de sus productos no-maderables como por su servicio ambiental en zonas del semidesierto.

Comentarios Finales

La identificación de la diversidad de usos de árboles y arbustos nativos, así como la definición de zonas con aptitud agroforestal permite ampliar la extensión del uso potencial del suelo; sobre todo en zonas bajo condiciones de temporal que actualmente se encuentran abandonadas por no ser productivas, ya sea en áreas agrícolas o de agostadero. También confirma la posibilidad de utilizar la vegetación nativa para restaurar zonas deforestadas o con alto grado de deterioro ambiental presentes en Guanajuato. Por lo tanto, se sugiere ampliar los actuales mapas de uso potencial del suelo y agregar el uso agroforestal con diversidad de especies silvestres o nativas con objetivos de servicio ambiental y productivos. Urge apoyo financiero para investigar y evaluar los productos no-maderables, impacto ambiental y domesticación de dichas especies. Esperamos que el fruto de nuestros esfuerzos contribuya al fomento de la biodiversidad y sirva de base en la planeación regional de plantaciones multiespecies con fines agroforestales que sean apoyadas por instituciones gubernamentales.

Literatura citada

Corbett, J.D., S.N. Collis, B.R. Bush *et al.* 2001. *Almanaque (ACT) de Guanajuato* Versión 1.0. Elaborado con apoyo financiero de FIRA y en colaboración con INIFAP-Guanajuato, CIRAD, CIMMYT y ESRI. [CD ROOM]. CIMMYT, México.

Hassan, R.M., J.D. Corbett y K. Njoroje. 1998. "Combining Geo-referenced Survey Data with Agroclimatic Attributes to Characterize Maize Production Systems in Kenya", en R.M. Hassan (ed.), *Maize technology development and transfer. A GIS Application for Research Planning in Kenya*. CAB International, pp. 43-68.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2008. Cien años de Censos de Población, Conteo de Población y Vivienda *1995*, XI CGPV 2000, Perfil Sociodemográfico de los Estados Unidos Mexicanos y II Conteo de Población y Vivienda 2005.

Jose, S. 2009. "Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview", *Agroforestry Systems*, **76**: 1-10.

Krishnamurthy, L., K. Krishnamurthy, I. Rajagopaly *et al.* 2003. *Introducción a la Agroforestería para el Desarrollo Rural. Alternativas Productivas*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

Priego, S.Á., H. Morales y C. Enríquez. 2004. "Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma-Chapala". Instituto Nacional de Ecología (INE), *Gaceta Ecológica* **71**: 11-22.

Ramachandran, N.P.K. 1997. *Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible*. Chapingo, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo, pp. 97-113.

Terrones, R.T. del R., C. González y S.A. Ríos. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple de Guanajuato*. Celaya, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.

Terrones, R.T. del R., H.N. García, M.A. Hernández, C.A. Mejía. 2007. *Potencial agroforestal con arbustivas nativas: estado de Guanajuato*. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato.

LOS COEFICIENTES DE AGOSTADERO Y TIPOS DE VEGETACIÓN NATIVA DEL ESTADO DE GUANAJUATO EN 1979

Miguel Enrique Magaña Virgen | Juan José Macías Cuéllar | F. Eduardo Carlos González
Jesús Burfford Vázquez

Es importante la determinación de los coeficientes de agostadero ya que están relacionadados con la productividad pecuaria, el soporte para asegurar la pequeña propiedad ganadera y la conservación del pastizal, principalmente, como elemento forrajero. En 1979 la explotación ganadera en Guanajuato presentaba condiciones favorables y una adecuada planeación, principalmente en las regiones de San Diego de la Unión, San Felipe, Ocampo y Dolores Hidalgo. La Comisión Técnico-Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), presentó a nivel regional los coeficientes de agostadero del estado.

El trabajo se inició en 1972 con el registro de los tipos de vegetación, con base en estudios anteriores de vegetación, suelo y algunos otros aspectos ecológicos y topográficos del estado. La vegetación en ese momento presentaba grandes presiones debido a desmontes y cambios de uso de suelo para la agricultura y la fabricación de madera para postes, muebles, casas o cercados y usos energéticos (leña y carbón). A pesar de la dominancia de la vegetación secundaria, fue posible determinar la composición nativa y su potencial productivo. Finalmente, se determinaron 13 tipos de vegetación nativa y 46 sitios de productividad forrajera de acuerdo a las características geo-biofísicas del territorio (véanse apéndices I y II).

Con base en numerosos y continuos muestreos y detección de áreas reliquia se obtuvo parte de la composición botánica "clímax" de los tipos de vegetación mencionados, ignorando en parte la vegetación vigente en ese momento que se distinguía por especies secundarias que prosperaban gracias a la perturbación mencionada, pues se buscaba el potencial productivo natural.

El trabajo que se realizó de 1971 a 1979 generó información importante en cuanto a factores relacionados con el potencial productivo natural de la vegetación. Al determinar los ejemplares botánicos de las especies vegetales (principalmente gramíneas) y elaborar los listados de los principales representativos botánicos como indicadores de los 13 tipos de vegetación, se registró también información respecto a su estado de degradación y alteración, así como las características principales de suelos, geología, clima, fisiografía y la exposición topográfica del territorio de cada sitio de productividad forrajera. Con base en la interacción de los factores se pudo establecer, por un lado, la relación de las diversas características de los suelos y su potencial productivo e impacto ambiental y, por el otro, la presión que han ejercido las diversas culturas así como el aprovechamiento, lo que ha dado pie a la transformación de los sistemas productivos.

En cuanto al cálculo de los coeficientes de agostadero, se determinó la producción de materia seca por hectárea de acuerdo a la densidad de la cobertura vegetal y el tipo de vegetación. La biomasa se dividió entre 4 925 kg, cantidad mínima que requiere una unidad animal al año (U.A.), evaluada con base en una vaca gestante o con cría, de 400 a 450 kg de peso. La resultante define el coeficiente de agostadero como hectáreas por Unidad Animal (ha/U.A.).

De esta forma, si un sitio de producción forrajera presenta un coeficiente de agostadero de 11 ha/U.A., significa que se requieren 11 ha para que una unidad animal pueda pastorear durante un año en condiciones de equilibrio alimenticio. En otras palabras, la producción anual de materia seca en ese lugar debe alcanzar 447.7 kg de forraje por ha, lo que multiplicado por las 11 ha corresponde a una producción de 4 925 kg de biomasa seca.

Magaña Virgen, M. E., J. J. Macías Cuéllar, F. E. Carlos González, *et al*. 2012. "Los coeficientes de agostadero y tipos de vegetación nativa del Estado de Guanajuato en 1979" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado* vol. I. méxico. comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO)/Instituto de ecología del estado de guanajuato (IEE), pp. 214-217.

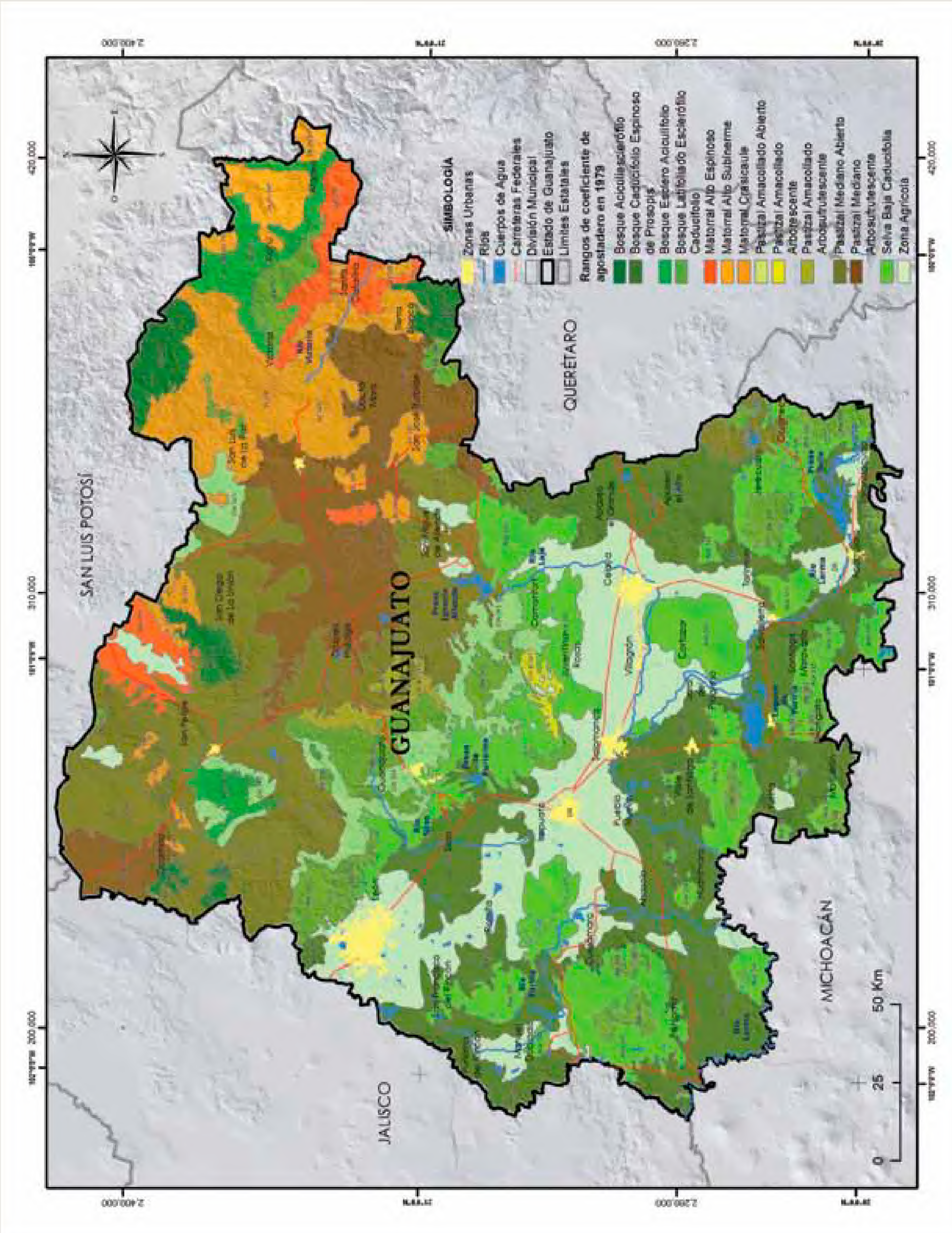


Figura 1. Rangos de coeficientes de agostadero del estado de Guanajuato en 1979.

Cuadro 1. Listado resumen de coeficientes de agostadero en condición buena y tipos de vegetación nativa.

Tipo de vegetación	Superficie ha	Coeficiente de agostadero ponderado ha/U.A.	Sitio	Superficie por hectárea	Coeficiente de agostadero ha/U.A.
Selva baja caducifolia	472 185-86-27	7.05.	Ace 341	297 072-22-08	6.67
			Ace 342	98 610-09-34	7.59
			Ace 343	66 319-63-46	7.79
			Ace 344	4 719-37-47	8.87
			Ace 345	5 464-53-92	11.45
Matorrral alto espinoso	82 713-25-21	26.30	Dak 341	40 735-65-67	24.63
			Dak 342	41 997-59-64	28.14
Matorrral alto subinerme	86 690-68-62	27.36	Da(h) 341	86 690-68-62	27.36
Matorrral crasicaule	203 436-66-67	11.46	Dr 341	6 706-47-99	9.16
			Dr 342	171 136-20-79	10.94
			Dr 343	5 216-15-10	16.12
			Dr 344	6 458-09-18	17.76
			Dr 345	13 909-7361	20.12
Pastizal amacollado arbosufrutescente	18 629-11-08	11.37	Cm(B) 341	18 629-11-08	11.37
Pastizal amacollado abierto	115 998-87-54	10.80	Cm 341	32 042-07-06	7.59
			Cm 342	8 693-58-51	8.83
			Cm 343	34 279-17-58	10.71
			Cm 344	38 251-77-43	17.17
			Cm 345	2 732-26-96	24.34
Pastizal mediano arbo-sufrutescente	222 804-16-57	14.50	Cb(B) 341	21 112-99-23	12.01
			Cb(B) 342	8 196-80-88	13.68
			Cb(B) 343	130 403-77-59	14.75
			Cb(B) 344	63 090-58-87	15.07
Pastizal mediano abierto	447 347-04-83	10.20	Cb 341	36 016-28-10	6.79
			Cb 342	135 868-31-50	9.66
			Cb 343	138 103-80-83	10.48
			Cb 344	36 761-44-54	10.94
			Cb 345	75 758-38-41	12.31
			Cb 346	24 838-81-45	14.24
Bosque aciculiesclerófilo	75 014-83-15	24.80	Bjf 341	20 119-43-97	21.41
			Bjf 342	8 445-19-69	21.65
			Bjf 343	46 450-19-49	27.36
Bosque esclero acicu-lifolio	78 987-43-00	8.53	Bfj 341	62 593-81-24	8.18
			Bfj 342	16 393-61-76	10.19
Bosque latifoliado escle-rófilo caducifolio	215 349-29-76	14.60	Bfe 341	12 916-18-35	11.40
			Bfe 342	81 471-31-14	12.45
			Bfe 343	56 880-88-51	13.43
			Bfe 344	2 980-65-77	15.55
			Bfe 345	25 580-75-52	21.89
			Bfe 346	14 654-90-05	23.19
			Bfe 347	28 864-60-42	24.63
Pastizal amacollado arborescente	8 445-19-69	14.58	CmB 341	8 445-19-69	14.58
Bosque caducifolio espi-noso de Prosopis	18 629-11-08	11.37	Bek 341	162 694-23-47	7.19
			Bek 342	150 274-82-74	8.64
			Bek 343	69 548-68-05	10.36
			Bek 344	242 923-60-53	10.66

Cuadro 1. Continuación.

Tipo de vegetación	Superficie ha	Coeficiente de agostadero ponderado ha/U.A.	Sitio	Superficie por hectárea	Coeficiente de agostadero ha/U.A.
Zona urbana			Z.U.	6 458-09-18	-
Distrito de riego			D.R.	387 237-11-73	-
Masas de agua			M.A.	12 171-01-91	-

El resumen integra el listado de los tipos de vegetación, sus sitios de producción forrajera y el coeficiente de agostadero ponderado en buena condición para cada sitio (figura 1 y cuadro 1).

La utilidad actual de los estudios de coeficientes de agostadero realizados en 1979 en Guanajuato

La determinación del potencial forrajero en el estado, como ya se comentó, fue realizada en el periodo de 1970 a 1979, con base en muestreos de campo y en la estructura vegetal primaria o clímax. Los datos que se obtuvieron no sólo fueron determinados por las condiciones fitosociológicas presentes en el momento de la realización de los transectos y la identificación de especies relicto, sino que se apoyó en diversos documentos históricos y particularmente en entrevistas de campo, realizadas a personas de la tercera edad nativas de los diferentes lugares muestreados, quienes se apoyaban en la información conocida por ellos y la transmitida por línea familiar. De esta manera no sólo se obtuvo una imagen de las condiciones de principio del siglo pasado sino que se delineó la aproximación a la vegetación presente en el siglo XIX, por lo que se considera que los tipos de vegetación ubicados y descritos como primarios son los mismos que existían cuando se desencadenó la gesta de Independencia. El bosque esclerófilo caducifolio de *Prosopis* del Bajío, los bosques de encino de la Sierra de Santa Rosa, los pastizales nativos de San Diego de la Unión y de San Felipe, en su condición clímax, entre otros, fueron el escenario de las gloriosas campañas de los insurgentes. Por eso la información obtenida no tiene únicamente importancia técnica sino también histórica.

El conocimiento de las condiciones que en 1979 guardaba la producción forrajera nativa del estado, así como el área de cada uno sus 13 tipos de vegetación, es una importante base informativa para la realización de un análisis comparativo sobre las modificaciones que las comunidades vegetales han sufrido en los últimos 30 años debido a las presiones antropogénicas y fenómenos naturales. A su vez, se puede conocer la tendencia y variaciones que el potencial forrajero nativo y su composición han tenido en la entidad, ya sea de forma cuantitativa y cualitativa.

En un sentido estricto de protección ambiental y productiva, es necesario conocer y caracterizar los sitios más vulnerables al cambio de uso del suelo con relación a las variaciones de su potencial y contenido alimenticio. La información recabada en este estudio debe estar presente en el conocimiento de las tendencias y respuestas de la biodiversidad y de la cadena alimenticia en el sector pecuario de Guanajuato.

Cuando la planeación está cimentada en datos históricos, en un mapa de vegetación primaria y en un cálculo minucioso de la producción de biomasa, el pronóstico y las propuestas de manejo y aprovechamiento suelen ser más confiables.

Recomendamos la actualización inmediata de los coeficientes de agostadero en Guanajuato, ya que se utilizan los datos de 1979 en el proceso administrativo y jurídico para la delimitación de la pequeña propiedad ganadera, así como su vinculación con la planeación del aprovechamiento energético natural, por lo que es posible que tanto la productividad de forraje natural como las superficies y composición de los tipos de vegetación actuales ya no sean coincidentes.

SUMIDERO DE CARBONO: LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE GUANAJUATO

Rocio Becerril Piña | Enrique González Sosa | Carlos Alberto Mastachi Loza

Los servicios ambientales que proveen los ecosistemas son múltiples y su valoración es un tema que últimamente ha puesto de manifiesto su importancia. Algunos de los servicios que proveen son: captación y filtración de agua, protección de la biodiversidad, retención de suelo, belleza escénica y mitigación de los efectos del cambio climático, mediante la captura y almacén de carbono (INE, 2007).

Por otra parte, las actividades humanas, tales como el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio de uso del suelo, están generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como bióxido de carbono (CO_2), uno de los más importantes por las grandes cantidades que se emiten (Ordóñez y Masera, 2001).

Las comunidades vegetales tienen la capacidad de asimilar el carbono atmosférico e incorporarlo a sus estructuras (hojas, ramas, raíces, troncos), a través del proceso de fotosíntesis, es decir, lo fijan y lo mantienen almacenado por largos periodos. Este es el principio por el cual los bosques son importantes sumideros de carbono.

En este sentido, han sido varios los estudios que se han enfocado en conocer el funcionamiento de los diferentes tipos de vegetación, ya que se ha visto que la capacidad de almacenamiento y captura de carbono varían con la edad, la composición y la estructura de la vegetación (Schulze *et al*., 2000).

Conocer la cantidad de carbono almacenado en la biomasa vegetal ha sido de gran importancia, de tal manera que se han desarrollado métodos destructivos e indirectos que consisten en el uso de ecuaciones alométricas, estableciendo la relación entre la biomasa aérea de la vegetación y la medición de algunas de sus características dimensionales, como por ejemplo el diámetro y altura del tronco (Rittenhouse y Sneva, 1977).

En México se han realizado varios trabajos en bosques templados (Avendaño *et al*., 2009; Díaz *et al*., 2007), selvas (Bautista y Torres, 2003) y otros ecosistemas (De Jong, 2001). Sin embargo, son escasos los estudios sobre la vegetación semiárida (Návar *et al*., 2004) porque es poco valorada y se desconoce como escenario en la captura y contenido de carbono. Así pues, el objetivo de este estudio fue estimar el contenido de carbono en la biomasa aérea para visualizar escenarios posibles de mitigación en zonas semiáridas del centro del país que, de acuerdo con los resultados del Inventario Forestal Nacional (Conafor, 2009), representan cerca de 40% del territorio nacional.

Método

Se trabajó en el matorral espinoso de la región centro del país a nivel de la unidad de escurrimiento El Carmen, ubicada en el municipio de Dolores Hidalgo, con una superficie de 1 983 ha. Los muestreos destructivos de vegetación se llevaron a cabo en el predio El Cortijo, localizado a 20 km al este de Dolores Hidalgo (21°09′N y 100°56′O), donde se realizan prácticas de conservación de suelo, retención de humedad y extracción de madera, por lo que es un sitio ideal para probar la eficiencia de las prácticas mencionadas.

Se dividió el área de estudio en tres sitios, de acuerdo a la densidad de vegetación: con vegetación, con poca cobertura vegetal y sin vegetación. En cada uno de los sitios se realizaron muestreos destructivos de biomasa aérea de mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Acacia farnesiana*) y algunas herbáceas. Con base en las muestras secas, se construyeron ecuaciones que permitieron conocer la biomasa de las especies, dado que 50% del peso seco de la biomasa corresponde a carbono (PICC, 2003). A partir de los resultados de biomasa

Becerril Piña, R., E. González Sosa y C. A. Mastachi Loza. 2012. “Sumidero de Carbono: la región semiárida de Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 218-220.

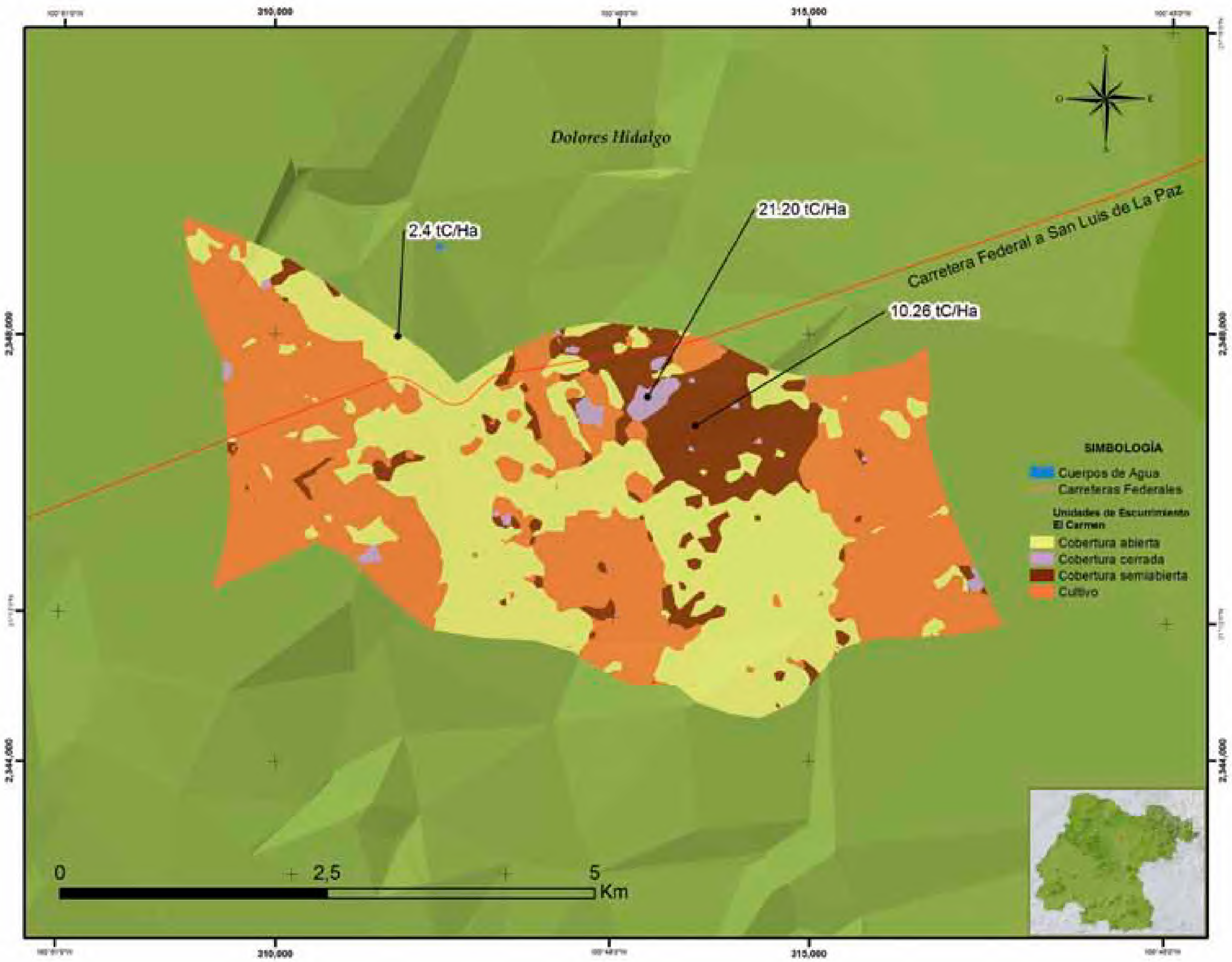


Figura 1. Contenido de carbono en biomasa aérea (tC/ha), tres categorías con diferente porcentaje de cubertura vegetal en la unidad de escurrimiento El Carmen, municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato. Fuente: Adaptado de Becerril-Piña *et al.*, 2009.

seca se estimó la cantidad de carbono contenido en la vegetación para cada una de las categorías.

Resultados

La biomasa estimada se incrementa al aumentar la densidad de la vegetación en orden: sin vegetación (4.87 t/ha) < con poca cobertura (20.53 t/ha) < con vegetación (42.40 t/ha).

De acuerdo a lo anterior, el contenido de carbono en la biomasa aérea fue menor en el sitio abierto (2.4 toneladas de carbono por hectárea; tC/ha), seguido por el sitio semiabierto (10.26 tC/ha) y mayor en el sitio cerrado (21.20 tC/ha). El contenido total de carbono en la vegetación aérea de toda la unidad de escurrimiento fue de 5 086 tC.

Conclusión

Los datos de este estudio indican el gran potencial que tienen las comunidades vegetales de matorral en la zona semiárida, como sumideros de carbono, a pesar de que la captación de carbono resulte baja en comparación con trabajos de otras comunidades vegetales, como los bosques de pino (64 tC/ha; Fragoso, 2003). Sin embargo, debido a la gran extensión que representan las zonas semiáridas en el país, dentro de las que se localizan los matorrales, representan un gran potencial de uso sostenible de la tierra para secuestrar y almacenar carbono, entre otros beneficios ambientales, como retención de humedad, regulación del clima, etcétera.

Literatura citada

Avendaño, H.D., M.M. Acosta, A.F. Carrillo *et al.* 2009. "Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*", *Revista Fitotécnica Mexicana* 32: 233-238.

Bautista, H.J. y P.J. Torres. 2003. "Valoración económica del almacenamiento de carbono del bosque tropical del Ejido Noh Bec, Quintana Roo, México", *Revista Chapingo* **9**: 69-75

Becerril-Piña, R., E. González-Sosa y L. Hernández-Sandoval. 2009. *El Semiárido mexicano como sumidero de carbono. Estudio de caso Microcuenca El Carmen. Memorias Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas*.en *http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_03/29_rocio_becerril.pdf*

Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2009. *El Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México 2004-2009. Una herramienta que da certeza a la planeación, evaluación y el desarrollo forestal de México.* México, Semarnat, en http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Inventario-Nacional-Forestal-y-de-Suelos.pdf

De Jong, B. 2001. *Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en los Altos de Chiapas, México*. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile, en *http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/02_De_Jong.PDF*

Díaz, F.R., M.M. Acosta, A.F. Carrillo *et al.* 2007. "Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. *et* Cham.", *Madera y Bosques* **13**: 25-34.

Fragoso López, P. 2003. *Estimación del contenido y captura potencial de carbono en especies maderables del predio Cerro Grande, municipio de Tancítaro Michoacán*, tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 2007. "PSA: una nueva forma de conservar la biodiversidad", *Gaceta Ecológica*, número especial: 84-85.

Návar, J., E. Médez, A. Nájera *et al.* 2004. "Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of North-eastern Mexico", *Journal of Arid Environments* **59**: 657-674.

Ordoñez, J.A. y O. Masera. 2001. "Captura de carbono ante el cambio climático", *Madera y Bosques* **7**: 3-12.

PICC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2003. "Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry", en J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi *et al.* (eds.), IPCC *Good Practice Guidance for LULUCF, Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Panel on Climate Change*, pp. 113-116.

Rittenhouse, L.R. y A.F. Sneva. 1977. "A technique for estimating big Sagebrush production", *Journal of Range Management* **30**: 68-70.

Schulze, D.E., C. Wirth y M. Heimann. 2000. "Climate change: managing forest after Kyoto", *Science* **289**: 2058-2059.

GRUPOS DE GANADEROS PARA LA VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA: UNA CONTRIBUCIÓN PARA REDUCIR EL DETERIORO AMBIENTAL EN GUANAJUATO

América Alejandra Luna Estrada | Arturo González Orozco | Martín Ramírez Sánchez

Resumen

La producción pecuaria a nivel mundial es una de las principales causas de problemas ambientales. Los desechos generados en las granjas, principalmente excretas, son una fuente importante de contaminación sobre el aire, el suelo y el agua, pues se concentran en áreas reducidas y son fuente principal de nutrientes, metales pesados, patógenos, antibióticos y otros compuestos químicos. En México y el estado de Guanajuato actividades como la porcinocultura y la producción de leche son importantes por el valor de su producción, sin embargo, representan un riesgo para la salud humana por la cantidad y tipo de residuos que generan. En los últimos 10 años los productores pecuarios de la entidad, organizados bajo el modelo de Grupos de Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT), además de hacer eficientes sus sistemas de producción, han usado tecnologías y desarrollado actividades tendientes a reducir el deterioro ambiental y al mejoramiento de los recursos naturales de su entorno.

Introducción

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2006, 2007) la producción pecuaria mundial es una de las principales causas de problemas ambientales. Al comparar el número de unidades de producción con actividad agropecuaria, el estado de Guanajuato ocupa el décimo lugar nacional (Inegi, 2008). Se estima que el ganado es responsable de 18% de las emisiones de gases que producen el efecto invernadero. El sector pecuario produce 9% de las emisiones de CO_2 provenientes de las actividades humanas, debido a la ampliación de zonas para el uso de pastizales y tierras agrícolas para la producción de forrajes, y emite un volumen aún mayor de otros gases con más potencial de calentar la atmósfera. Ejemplos de ello son el metano y el óxido nitroso que proceden de la fermentación entérica de los rumiantes y del estiércol del ganado, respectivamente. Los efectos de la producción pecuaria también ejercen una gran demanda en el suministro mundial de agua, ya que utiliza 8% del agua destinada al consumo del hombre para el cultivo de granos y forrajes usados en la alimentación animal. Además, también participa en la contaminación del agua arrojando en ella desechos animales, antibióticos, hormonas, sustancias químicas, fertilizantes y plaguicidas, resultantes de la actividad ganadera y su industrialización (FAO, 2006).

La contaminación pecuaria en Guanajuato

Como resultado de la intensificación de los sistemas de producción pecuaria, debido al incremento de la demanda de carne, leche, huevo y otros productos, ha aumentado la densidad de población animal en los corrales, y el manejo de los desechos orgánicos generados (principalmente excretas) constituyen un grave problema de contaminación ambiental (Gómez *et al*., 2007*a*; Herrero y Gil, 2008).

En el estado de Guanajuato la actividad ganadera es realizada por alrededor de 120 000 productores, destacando a nivel nacional en la producción de leche de cabra y de bovino y carne de cerdo, con el 3º, 4º y 5º lugares nacionales, respectivamente, mientras que la producción de carne de ovino se posicionó en el 13avo lugar (Siacon-Sagarpa, 2008). Bajo este contexto es

Luna Estrada, A. A., A. González Orozco y M. Ramírez Sánchez. 2012. "Grupos de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología: una contribución para reducir el deterioro ambiental en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. *México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 221-227.

de esperarse que también sea uno de los estados con mayores problemas de contaminación por la producción de desechos. Un ejemplo es la porcicultura, distribuida principalmente en los municipios de Pénjamo, Abasolo e Irapuato, en los que se concentra la mayor cantidad de cerdos (47.1%) (Sagarnaga y Salas, 2006; Inegi, 2008). El sistema de producción predominante en estas granjas es el semitecnificado, en el que se combinan el uso de tecnología moderna y técnicas de manejo tradicionales. Esta actividad es la de mayor impacto en la contaminación del ambiente por la cantidad y tipo de residuos que genera, principalmente excretas y agua residual, que si no son asimilados por la naturaleza se pueden transformar en un problema de salud para la sociedad (Pérez, 2001; Mariscal, 2007; Pérez, 2008), ya que a través de estos desechos se pueden transmitir patógenos dañinos para el hombre como bacterias, virus, protozoarios y parásitos; por otro lado, los nitratos y nitritos, que son compuestos químicos derivados del metabolismo bacteriano, pueden provocar la contaminación de cuerpos de agua subterráneos y en grandes cantidades llegan a ser tóxicos (Ochoa y Medina, 1989; Pacheco *et al*., 2002).

La actividad lechera en el estado es desarrollada por alrededor de 7 016 productores, 97% de ellos trabajan bajo el sistema de lechería familiar y reúnen 25.2% del inventario ganadero estatal (CCEDR, 2007). La producción de leche de bovino se realiza en casi todos los municipios, siendo León, Silao, Irapuato, Celaya, Acámbaro y Dolores Hidalgo los que agrupan a 30% de los productores lecheros en el estado (Inegi, 2008). En este sistema casi no se hace uso de tecnología, y generalmente las excretas son incorporadas directamente a las tierras de cultivo o acumuladas en un estercolero o dentro del corral, perdiendo cerca de 70% del nitrógeno que se convierte en un contaminante del ambiente local (Gómez *et al*., 2008).

El modelo GGAVATT en Guanajuato

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en la década de los noventa desarrolló el modelo GGAVATT con la finalidad de transferir a los productores nacionales los resultados generados de la investigación pecuaria, incrementar la producción y productividad de sus explotaciones ganaderas, y mejorar el nivel de vida de sus familias, fomentando, además, la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales de su entorno (Román *et al*., 1997). En Guanajuato desde 2001 se ha aplicado el modelo GGAVATT como un esquema exitoso de transferencia de tecnología pecuaria en los principales sistemas de producción y como un mecanismo de inducción al cambio de los productores hacia una actitud positiva en la organización con fines productivos, la capacitación técnica y el uso de tecnología (Bustos *et al*., 2008; González *et al*., 2001; García *et al*., 2006; Gómez *et al*., 2006; Flores *et al*., 2006; Morales *et al*., 2007; Vera *et al*., 2006).

Prácticas tecnológicas usadas en los GGAVATT de Guanajuato para reducir contaminantes

Si bien es cierto que el modelo GGAVATT ha funcionado exitosamente en el estado desde su establecimiento, el mayor número de actividades y tecnologías realizadas por los integrantes de los grupos han estado enfocadas a incrementar la productividad de las diferentes explotaciones pecuarias y pocas han sido orientadas a reducir o revertir el deterioro del medio ambiente generado por el sector (Luna *et al*., 2008).

No obstante, debido a la necesidad de los productores de mejorar su productividad, reducir sus costos de producción y hacer más eficientes sus ranchos, desde que se estableció el primer GGAVATT en el estado iniciaron la implementación de alternativas tecnológicas que les permitieran, también, hacer un mejor manejo de sus desechos y reducir contaminantes en sus predios y sus localidades, con lo que han mejorado el entorno ecológico local. Algunas granjas porcícolas ubicadas en los municipios de Abasolo, Juventino Rosas, Celaya, Salvatierra y Pueblo Nuevo, realizaban ya el manejo integral de las excretas generadas en sus granjas (figura 1). 11 productores ensilaron el estiércol (proceso de conservación y transformación de las excretas mediante la fermentación ácida por parte de las bacterias) para usarlo en la alimentación de los mismos cerdos o de rumiantes (toros de engorda y ovinos) (figura 2). Esta práctica, además de ayu-

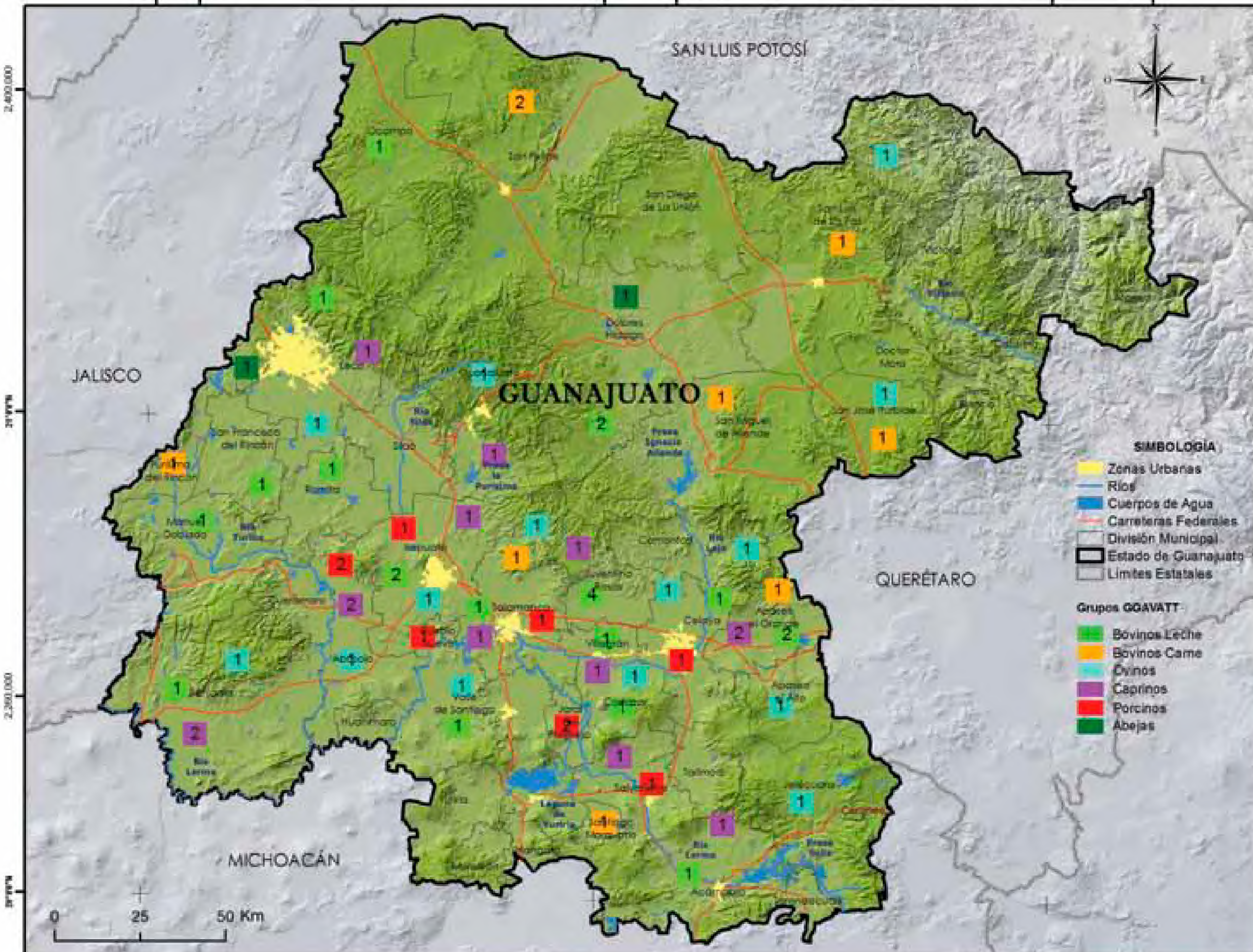


Figura 1. Ubicación de los GGAVATT en el estado de Guanajuato. El mapa muestra un código de colores por especie animal e indica el número de GGAVATT que operaron en cada municipio del estado durante el año 2009.

darles a resolver el problema del amontonamiento de los desechos sólidos, redujo el uso de alimentos comerciales y, por tanto, los costos de alimentación en las granjas de los GGAVATT (cuadro 1).

Asimismo, 14 porcinocultores generaron biogás a partir de las excretas que no usaron para ensilar. El biogás es un combustible que puede ser utilizado para generar energía térmica y eléctrica a través de un proceso de fermentación anaeróbica de los desechos sólidos de las granjas, el cual se realiza en contenedores llamados biodigestores (Arvizu, 2001) (cuadro 1).

Otras de las prácticas efectuadas fueron la composta y vermicomposta (figuras 3, 4, y 5). La composta es un proceso de biodegradación de materia orgánica (animal o vegetal) por la acción de bacterias, hongos y otros microorganismos, por el cual se genera un producto llamado composta (Ramírez y Díaz, 2005; Semarnat, 2008), mientras que la vermicomposta, lombricomposta o humus de lombriz es un fertilizante orgánico producido por lombrices de tierra (Ancona-Méndez *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2007b); este producto fue usado por los productores para abonar tierras de cultivo y producir hortalizas y algunas plantas de ornato en pequeños invernaderos. En establos lecheros de GGAVATT, la práctica más usada fue la elaboración de composta, realizada por nueve ganaderos para fertilizar sus terrenos de cultivo (cuadro 1).

En 40 de los ranchos lecheros usan la avispa *Spalangia endius* como control biológico de la mosca; estas avispas depositan sus huevecillos en las larvas de las moscas que les sirven de alimento, destruyéndolas y evitando que muchas lleguen a la edad adulta, reduciendo así hasta 40% su población, lo que también disminuye el uso de productos químicos para su control (Inciso y Castro, 2007). Un productor emplea un panel solar para calentar el agua utilizada en el lavado del equipo de ordeña y para su uso doméstico, con lo que reduce el gasto de gas metano. En algunos GGAVATT practican el composteo de los desechos: 15 de ovinoculto-



Figura 2. Elaboración de ensilado de excretas de cerdo para la alimentación de ganado ovino, en el GGAVATT Porcicultores de Pueblo Nuevo.



Figura 3. Composta elaborada con estiércol de animales en granjas de GGAVATT Guanajuato.





Figuras 4 y 5. Lombricomposta y cultivo de jitomate fertilizado con humus de lombriz, en GGAVATT Guanajuato.

res, 34 de caprinocultores y cuatro productores de ganado de carne; además, seis caprinocultores tienen biodigestores para la producción de biogás y en un rancho de ovinos colectan el agua de lluvia (cuadro 1).

Finalmente, es importante mencionar que, no obstante que los resultados son incipientes, han sido importantes. A partir de 2008, durante el proceso de capacitación que deben recibir los productores y asesores técnicos o Prestadores de Servicios Profesionales Pecuarios (PSPP) dentro del modelo GGAVATT, se ha propiciado de manera más comprometida la concientización de la productividad agropecuaria con pleno respeto al medio ambiente mediante la promoción de actividades encaminadas a su mejora y conservación, tales como manejo y tratamiento de excretas, elaboración de composta, uso de cercos vivos, reforestación y uso de paneles solares. En el mediano plazo una estrategia que puede incrementar el número de productores que realicen este tipo de prácticas será el fomento en el uso de tecnologías que, además de mitigar el daño ambiental, también generen un ingreso adicional y, paralelamente, estimulen a que sean los propios ganaderos quienes realicen eventos en sus granjas para demostrar a productores vecinos los beneficios de implementar dichas prácticas.

Cuadro 1. Prácticas tecnológicas y de manejo usadas en los GGAVATT en el estado de Guanajuato.

Núm. de productores	Actividad pecuaria	Actividad técnica	Uso	Beneficios
11	Porcicultura	Ensilaje de excretas de cerdo	Como ingrediente en la alimentación de cerdos, ovinos y bovinos	Reduce la contaminación del entorno local (suelo, aire y agua) Disminuye el uso de granos usados en la alimentación humana
14	Porcicultura	Uso de biodigestores	Producción de biogás	Generación de energía eléctrica y térmica Disminuye costos de producción en las granjas
9	Establos lecheros	Manejo de los desechos sólidos por composteo	El humus y el compost fueron usados como fertilizantes orgánicos	Reduce el uso de fertilizantes químicos. Mejora la producción de los cultivos. Disminuye costos de producción agrícola
4	Bovinos productores de carne			
15	Ovinocultura			
34	Caprinocultura			
40	Establos lecheros	Control biológico de moscas	Como método para reducir la población de moscas	Reduce el uso de mosquicidas y otros productos químicos Mejora el bienestar animal
1		Calentador solar de agua	En el lavado del equipo de ordeño. Doméstico, en las actividades del hogar	Elimina el uso de gas metano El uso de agua caliente en el lavado del equipo de ordeño, mejora la calidad sanitaria de la leche y disminuyen los riesgos en la salud humana Al mejorar la calidad de la leche, se obtiene un mejor precio de venta

Fuente: Elaboración propia con información recopilada de los GGAVATT en Guanajuato.

Literatura Citada

Ancona-Méndez, L., V.M. Pech, y A.N. Flores. 2006. "Perfil del mercado de la vermicomposta como abono para jardín en la ciudad de Mérida, Yucatán, México", *Revista Mexicana de Agronegocios* 10: 1-15.

Arvizu, J.L. 2001. "Sistemas de generación de biogás: una alternativa energética en porcicultura", *Revista Agricultura* 3 (4).

Bustos, C.D.E., G.J.A. Espinosa, T.A. González *et al.* 2008. *Los grupos ganaderos de validación y transferencia de tecnología en el estado de Guanajuato. Análisis del cambio de actitud de los productores.* Publicación Técnica Núm. 1, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Querétaro, México.

CCEDR (Centro de Capacitación y evaluación para el Desarrollo Rural, S.C.). 2007. *Análisis y estrategias para el desarrollo de los clusters regionales lecheros en el estado de Guanajuato.* Texcoco, Estado de México.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente, en http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm*, última consulta 22 septiembre de 2009.

———. 2007. *Conciliar la ganadería con el medio ambiente,* en *http://www.fao.org/ag/esp/revista/0704sp2.htm,* última consulta 22 septiembre de 2009.

Flores, D.M., S.J.P. Rivera, O.T.A. González *et al.* 2006. "GGAVATT de cabras 'Estancia del Llano' ", en O.T.A. González, G.J.A. Espinosa y E.A.A. Luna (comps.), *Casos exitosos GGAVATT 2005* en *Guanajuato.* INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. Libro Técnico.

García, G.A., P.F.J. Morales, O.T.A. González *et al.* 2006. "GGAVATT Bovinos Leche 'Villagrán' ", en O.T.A. González, G.J.A. Espinosa y E.A.A. Luna (comps.), *Casos exitosos GGAVATT 2005 en Guanajuato.* INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya. Gto., México. Libro Técnico.

Gómez, R.S., G.G. Salazar, G.J.A. Espinosa *et al.* 2007*a*. *Opciones para el manejo y reciclaje de residuales de granjas porcícolas.* Publicación Técnica núm. 2. INIFAP/ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Ajuchitlán, Colón Querétaro. México.

———, G.J.A. Espinosa, O.T.A. González *et al.* 2007*b*. *Alternativas para el reciclaje de excretas animales: producción de humus de lombriz.* Publicación Técnica núm. 4. México, INIFAP/ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Ajuchitlán, Colón Querétaro.

———, G.J.A. Espinosa, O.T.A. González *et al.* 2008. *Evaluación del riesgo de contaminación ambiental debido a la producción ganadera del estado de Guanajuato* [resumen], XLIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yucatán, México.

González, O.T.A., L.V. Peña, G.J.A. Espinosa. 2001. *GGAVATT de lechería familiar La Labor. Primera evaluación.* INIFAP/Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México. Publicación Especial Núm. 1. 27 p.

Herrero, M.A. y S.B. Gil. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en la producción animal, *Ecología Austral* 18: 273-289.

Inegi (Instituto Nacional de Geografía y Estadística)/ Gobierno del Estado de Guanajuato. 2008. *Anuario estadístico*, t. II. Guanajuato, México.

Inciso, I. y J. Castro. 2007. "Evaluación de *Spalangia endius y Muscidifurax* sp. (Hymenoptera, Pteromalidae) como controladores de *Musca domestica* en el Perú", *Revista Peruana de Biología* 13: 237-241.

Luna, E.A.A., S.M. Ramírez y O.A. González. 2008. "Prácticas tecnológicas usadas por GGAVATT en el estado de Guanajuato, que han contribuido a reducir el deterioro ambiental", en *Memorias del 1er. Congreso Nacional: Mitigación del daño ambiental en el Sector Agropecuario de México 2008.* Celaya, Gto. México.

Mariscal, L.G. 2007. "Efecto del programa de alimentación sobre el contenido de nutrimentos en las excretas porcinas", en *Tecnologías para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas, en www.fao.org/warrdocs,* última consulta 20 de agosto de 2009.

Morales, R.M., M.F. Miranda, O.T.A. González *et al.* 2007. "GGAVATT ovino 'Valtierrilla' ". en O.T.A. González G.J.A. Espinosa y E.A.A. Luna (comps.), Casos exitosos GGAVAT *Guanajuato 2006.* Libro Técnico. México, INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto.

Ochoa, C.M. y J.L. Medina. 1989. "Efecto de la desecación natural de la cerdaza sobre su composición química y contaminación por agentes patógenos", *Acta Científica Potosina* 11: 9-14.

Pacheco J., A. Cabrera, B. Steinich, *et al.*, 2002. "Efecto de la aplicación agrícola de la excreta porcina en la calidad del agua subterránea". *Ingeniería* **6** (3): 7-17.

Pérez, E.R. 2001. "Porcicultura y contaminación del agua en la Piedad, Michoacán, México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 17: 5-13.

———. 2008. "Contaminación agrícola y políticas públicas en México", en *Memorias de XI Jornadas de Economía Crítica*. Bilbao España.

Ramírez, S.L.F. y S.F.R. Díaz. 2005. *Elaboración de composta*. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, México.

Román, P.H., B.U. Aguilar, G.R. Amaro *et al.* 1997. *Manual para la planeación, seguimiento y evaluación del modelo GGAVATT*. México. INIFAP.

Sagarnaga, V.L.M. y G.J.M. Salas. 2006. *Prospectiva de la porcicultura del estado de Guanajuato*. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Zootecnia.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. *Norma de la calidad de composta*. México, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Departamento Descontaminación, Planes y Normas, en *http://www.lombricultura.cl/biblioteca*, última consulta 3 de junio de 2008.

Siacon-Sagarpa (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2008.

Vera, F.J., L.D. Cruz, O.T.A. González *et al.* 2006. "GGAVATT Porcino 'Capitiro' ", en O.T.A. González G.J.A. Espinosa y E.A.A. Luna (comps.), *Casos exitosos GGAVATT 2005 en Guanajuato*. Libro Técnico. México, INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto.

ESTUDIO DE CASO

LOS PASTOS DE TEMPORAL: UNA OPCIÓN PARA EL REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Ramón Aguilar García

En la zona norte del estado de Guanajuato la producción agropecuaria es de alta siniestralidad, lo que se atribuye principalmente a la sequía (Braojos *et al*., 2009; Tapia *et al*., 1989). De esa manera, de 175 600 ha de temporal que se siembran cada año con maíz y frijol se pierden 83 500 ha, equivalentes a 47.6% (Distrito de Riego DR 001 y 002). Sin embargo, en esta región lo más preocupante es la alta tasa de erosión: cada año se pierden 25 toneladas de suelo por hectárea y, con respecto a la lluvia, sólo ingresa al suelo 24% de la precipitación, ya que el resto se pierde por escorrentía y evaporación.

¿Cómo afrontar estos problemas?

Con base en las investigaciones realizadas por el programa de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Sitio Experimental Norte de Guanajuato (SENGUA) es muy clara la necesidad de rediseñar los sistemas de producción agropecuaria, lo que implica un cambio del uso del suelo actual a otras actividades o cultivos. Para reducir las pérdidas de cada año en los cultivos de maíz y frijol, se recomienda establecerlos en una menor superficie y acondicionar anticipadamente el terreno para asegurar la cosecha.

¿Qué hacer para asegurar la cosecha?

Lo primero que debe hacerse es un diagnóstico de los "signos vitales del suelo", como la resistencia a la penetración de raíces, evaluar el porcentaje de materia orgánica y la actividad de microorganismos, entre otros. Con base en el análisis de la condición del suelo, debe elaborarse el diseño de su acondicionamiento físico; un manejo conservacionista implica la sustitución del barbecho convencional, el rastreo y la rotura vertical o cinceleo por la aplicación de abonos orgánicos (Aguilar *et al*., 2009).

Con estas prácticas se mejora paulatinamente la porosidad del suelo y aumenta el contenido de materia orgánica, lo que permitirá mayor infiltración de agua de lluvia, aproximadamente 5% cada año. Si se adoptan las prácticas conservacionistas durante 13 años, la infiltración alcanza 80% y la tasa de erosión se reduce a 3 t/ha/año. Con estas características la probabilidad de cosecha de maíz y frijol aumenta a 70% (Aguilar, 2000).

¿A qué destinar la superficie que se dejó de sembrar con maíz y frijol?

Los terrenos abandonados o que ya no estén bajo el uso de la siembra pueden ser aprovechados para el establecimiento de pastos y arbustos nativos de vegetación xerófila, correspondientes a la cobertura original de la región. La ventaja de establecer pastos nativos radica en que toleran temperaturas de -10 °C, resisten hasta cuatro meses o más sin lluvia, soportan el daño mecánico que provoca el granizo y captan más de 95% de la radiación solar. Lo más importante es que en las unidades de producción siempre existe una necesidad de alimento para los animales, en este sentido los pastos utilizados como forraje son un producto que no se "echa a perder", ya que puede guardarse por periodos largos para el consumo de ganado, sobre todo en época de secas. En conjunto con los arbustos, representa la manera más efectiva de evitar la erosión (Terrones *et al*., 2004), ya que se reporta que con una cobertura vegetal de 50%, la erosión se reduce en más de 80%; aunque con 90%, la protección es mayor a 98%.

Aguilar García, R. 2012. "Los pastos de temporal: una opción para el rediseño de los sistemas de producción agropecuaria" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 228-230.

¿Cómo acondicionar los diferentes tipos de suelo para la siembra de pastos?

Existen tres diferentes alternativas para mejorar las condiciones edáficas que se recomiendan aplicar en la región norte de Guanajuato:

a. Terraceo o establecimiento de terrazas. El ancho de cada terraza depende de la pendiente y se determina de acuerdo con la siguiente operación: D = 34.65 – 2.62 * P + 0.1037. 1037 * P^2 – 0.001345 * P^3, donde D es la distancia entre terrazas (m) y P corresponde a la pendiente (%).

b. Subsoleo. A una profundidad entre 20-40 cm y 40-66 cm de ancho, cuando el suelo esté completamente seco.

c. Fertilización de fondo. Se recomienda realizar un análisis de suelo para saber qué deficiencias de nutrimentos tiene el suelo y decidir qué fertilizante aplicar.

De manera específica, en terrenos con laderas y pendientes mayores a 2%, que presente un suelo pedregoso o poco pedregoso, se recomienda aplicar el terraceo, subsoleo y distribuir las semillas de pasto. Por otra parte, en terrenos planos con pendientes menores a 2% y con un suelo pedregoso (<15%), la mejor manera de establecer la vegetación herbácea consiste en: *subsoleo*, fertilización de fondo y la distribución de las semillas, que se tapan con ramas para una mayor protección (tapado con "rastra de ramas"). En caso de que el suelo presente pedregosidad mayor a 15% se aplica solamente: subsoleo más distribución de la semilla.

¿Cuáles pastos sembrar y cuánta semilla utilizar por hectárea?

Siembra sin restricción

Sembrar una mezcla de gramíneas y leguminosas: pasto buffel o biloela (*Cenchrus ciliaris,* figura 1), Rhodes (*Chloris gayana*), Klein (*Panicum coloratum*), llorón (*Eragostis curvula*), ebo o veza (*Vicia sativa*) y avena (*Avena sativa*).

De los pastos, se recomienda sembrar una mezcla en cantidades iguales de cada especie, aplicando un total de 4 a 6 kg/ha, el ebo o veza se siembra en cantidades de 10 a 15 kg, y la avena, de 30 a 50 kg/ha. Se recomienda mezclar muy bien todas las semillas y sembrarlas al inicio de la época de lluvias; si el terreno es pedregoso y se dificulta tapar la semilla, se recomienda no sembrar veza; si la superficie es pequeña, los pastos se siembran a mano, mientras que en una superficie grande, la siembra se realiza con tractor utilizando el cono voleador y se tapa con rastra de ramas.



Figura 1. Pasto buffel, *Cenchrus ciliaris* (fotografía de Ramón Aguilar).

Los costos por kilogramo de semillas son variables: pastos entre 50-150 pesos; la veza o ebo cuestan 20-25 pesos; la avena entre 5 y 10 pesos. El costo total aproximado por hectárea es de 1 200 pesos.

Siembra con moderada restricción

Únicamente se siembra la mezcla de algunos pastos o incluso sólo un tipo de pasto; el pasto buffel es el más apropiado, a razón de 4-6 kg/ha de semilla.

Siembra con alta restricción

En este caso solamente se recomienda sembrar el pasto buffel, a razón de 4-6 kg/ha de semilla. Sin embargo, es necesario controlar su establecimiento (aproximadamente tres años) y posterior distribución, ya que limita y desplaza el pasto nativo porque es más agresivo y produce mayor cantidad de materia seca.

¿Cuándo cosechar forraje?

Como el porcentaje de germinación de las semillas de pasto es menor a 35%, en los tres prime-

ros años hay que cuidar la siembra, principalmente contra ganado y tratar de no cosechar las plantas. Al lograr establecerse la segunda generación, aumenta la cobertura notablemente y entre el quinto y séptimo año se cubre hasta 80% del terreno sembrado. Mientras que en terrenos planos se puede realizar cosecha mecánica de semilla, en terrenos pedregosos de ladera no se recomienda cosechar la semilla, ya que el ganado se encarga en distribuirla en la pradera.

Otras indicaciones

Para el mantenimiento de la pradera de temporal que presente 80% de cobertura, se sugiere fertilizar con (8-10 bolsas de 50 kg de sulfato de amonio (80-00-00), aplicado al voleo al inicio de la época de lluvias (este abono puede durar de ocho a 12 días a la intemperie sin que se pierda el nutrimento); abono orgánico, 12-15 t base seca (estiércol de ovejas, cabras, bovinos o aves). Los resultados son mejores si el fertilizante químico, se mezcla con el abono orgánico y es aplicado un mes antes de la época de lluvias; durante el primer año se recomienda una aplicación de 4:1 (fertilizante químico-orgánico), mientras que para el segundo año la mezcla deberá ser de 1:1.

En cuanto al rendimiento de materia seca, en terrenos planos con 40 cm de profundidad o más y una precipitación anual entre 300 a 450 mm, se obtienen de 7 a 15 t/ha de materia seca.

Finalmente, cabe mencionar que el Programa de Suelos del SENGUA ofrece capacitación a productores y técnicos interesados en la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales, especialmente del suelo y del agua. Dado que el manejo conservacionista del suelo requiere entrenamiento y mucha paciencia para ver los resultados a mediano plazo, se recomiendan estos cursos de capacitación.

Conclusiones

En la zona norte del estado, donde predominan amplias superficies dedicadas a la ganadería, los pastos de temporal son una opción que debe ser apoyada para afrontar dos problemas simultáneos que son, por un lado, la erosión acelerada por el sobrepastoreo, que se presenta como consecuencia de la escasez de alimento para los animales, y, por el otro, los ingresos de los productores ante el riesgo y la incertidumbre que representa la producción agrícola por la presencia de sequías y heladas. En ese sentido, el presente texto da indicaciones para mejorar las condiciones del suelo, reducir la degradación de los terrenos y aumentar la productividad de la tierra con base en la siembra de pastos nativos, que se asocian a arbustos nativos de vegetación xerófila, correspondientes a la cobertura original de la región.

Literatura citada

Aguilar, R. 2000. "Utilización óptima de recursos: energía, agua, suelo e insumos en sistemas de producción agropecuaria de regiones semiáridas", en R. Terrones y E. Morales, *Combate a la desertificación*. Publicación Especial núm. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México, pp. 111-118.

———, M.L. García y R. Paredes Melesio. 2009. *Manejo agronómico de una microcuenca en el norte de Guanajuato, México. Reflexiones y propuestas*. Folleto técnico. INIFAP-Sitio Experimental Norte de Guanajuato (SENGUA). El Refugio, San Luis de la Paz, Guanajuato.

Braojos, F.R., A. Hernández, O.A. Aguilar *et al.* 2009. *Diversidad rural en el norte de Guanajuato. Problemas, necesidades y tendencias de desarrollo en los sistemas de producción agropecuarios y los productores*. Libro técnico, INIFAP-SENGUA, El Refugio, San Luis de la Paz, Guanajuato.

Tapia, C.A., A. Hernández, J. Morales *et al.* 1989. *Diagnóstico de los problemas, oportunidades y necesidades de los sistemas de producción rural en Guanajuato: El caso del sistema terrestre "Los Rodríguez"*. INIFAP-SENGUA, El Refugio, San Luis de la Paz, Guanajuato.

Terrones, R.T. del R., C. González y S.A. Ríos. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato*, Libro técnico núm. 2. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato.

PESCA Y ACUACULTURA

Norman Mercado-Silva | Edmundo Díaz Pardo | Altagracia Gutiérrez Hernández

Aunque se conoce poco acerca de los esfuerzos para cultivar especies de peces nativos para alimentación en Guanajuato, la pesca de subsistencia y en algunos casos de tipo comercial, particularmente de charales (Familia Atherinopsidae), llega a ser una importante actividad económica, especialmente en los embalses que han sido creados en el estado. La mayor parte de las actividades pesqueras está basada en especies exóticas: lobina (*Micropterus salmoides*), carpa (*Cyprinus carpio*), tilapias (*Oreochromis* spp.) y truchas (*Onchorhynchus mykiss*). Sólo unas pocas especies nativas, por ejemplo bagres (*Ictalurus dugesii* e *I. mexicanus*) y charales (*Chirostoma* spp.), se incluyen en las cifras pesqueras para la entidad. No existe información específica para otras especies nativas importantes como *Yuriria alta*.

Las estadísticas pesqueras indican que la captura total de peces (producción pesquera), ha ido decreciendo de 7 193 toneladas (t) en 1994 (Conapesca, 2004) hasta 3 003 t en 2008 (figura 1), aunque la producción pesquera de 1980 fue de sólo 556 t (Pesca, 1980). Desde 1980 se han añadido especies a la producción pesquera del estado. En 1980 se reportaban carpas, charales y mojarras (tilapias) como especies principales; hacia 2008, bagres, lobinas, y truchas fueron consideradas en estas estadísticas. Con base en las estadísticas estatales de la Comision de Acua-

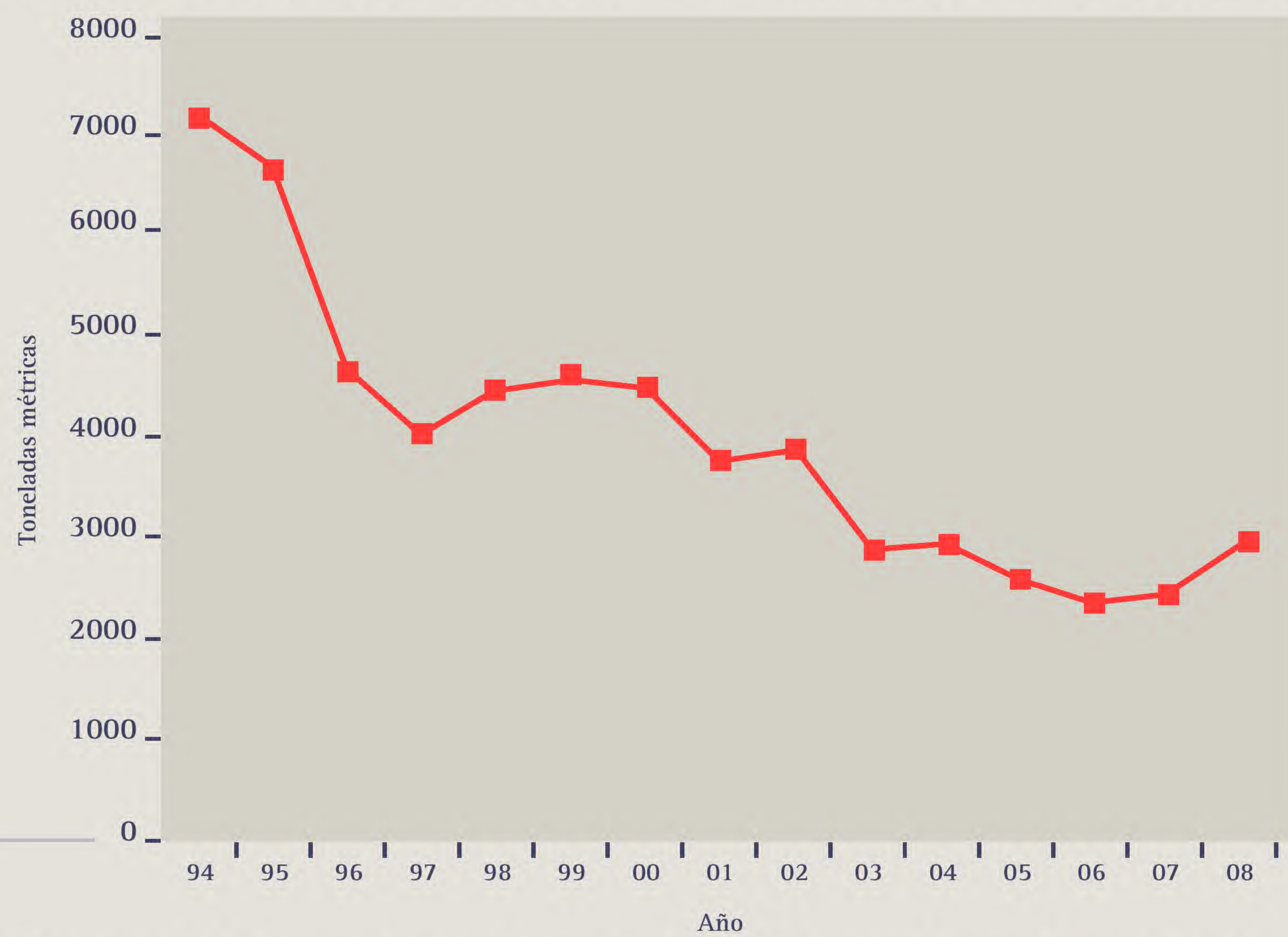


Figura 1. Volumen de las capturas de peces (toneladas métricas). Fuentes: Comisión Nacional de Pesca (Conapesca-Sagarpa) para el estado de Guanajuato en los años 1994-2008. Información para el periodo 1994-2004 (Conapesca, 2004); información para 2005-2008 calculada a partir de datos estadísticos disponibles en línea en la página de la Conapesca. Se consideran todas las especies en el cálculo de los volúmenes de pesca anuales.

Mercado-Silva, N., E. Díaz Pardo y A. Gutiérrez Hernández. 2012. “Pesca y acuacultura“ en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 231-233.

cultura y Pesca para 2005-2008 (disponibles en *http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_estadistica_pesquera_y_acuicola*), las carpas contribuyen aproximadamente con 47% de la producción pesquera del estado. A éstas le siguen las mojarras (tilapias) con 35%, los charales (13%), lobinas (0.35%), bagres (0.20%), truchas (un porcentaje menor) y un conjunto de otras especies (4.0%). Los acociles y ranas también son consumidos en Guanajuato (Inegi, 2005). La producción de peces proviene de sistemas controlados y pesquerías acuaculturales en diversos cuerpos de agua del estado. La mayor parte de ellas utilizan redes agalleras, atarrayas, trampas, y cordeles con anzuelos y plomos. Aunque la mayor parte de esta pesquería se destina al consumo humano, los peces también son utilizados para la engorda de ganado (Inegi, 2005).

Probablemente también la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* sea utilizada como una especie de consumo, aunque su uso primario es de un pez que limita el crecimiento de algas y plantas acuáticas en los embalses. Por otra parte, en varios embalses guanajuatenses se han introducido peces de interés deportivo o recreativo, que son utilizados por algunos clubes de pesca. Las especies aprovechadas en esta actividad son primordialmente las lobinas y los bagres. El cultivo de peces dulceacuícolas en cautiverio es una actividad sobre la cual existe poca información, aunque se conoce que existen algunas granjas (Hartley-Alcocer, 2007).

En el caso específico de la laguna de Yuriria, se trata de un embalse artificial construido en la época colonial llevando agua directamente del río Lerma a una depresión preexistente. Entre 1950 y 1974 sufrió varios periodos de desecación, razón por la cual en los inicios de la década de los sesenta se construyó el dren de La Cinta, que le aportaba agua proveniente del lago de Cuitzeo, Michoacán-Guanajuato, pero que fue cerrado en 1980 por los daños ambientales que creaba en la cuenca de origen (Ceballos Corona *et al*., 1994).

Antaño existía en Yuriria una abundante pesquería de tres peces nativos: el bagre (*Ictalurus dugesii*), la carpa blanca (*Yuriria alta*) y los charales (*Chirostoma* spp.), a los que se sumaba la carpa asiática (*Cyprinus carpio*), si bien no existen cifras oficiales de las capturas, pues la pesquería siempre fue considerada como de subsistencia (biólogo Roberto Chávez, comunicación personal). A partir de 1960, el embalse empezó a mostrar un importante deterioro y su pesca decayó de manera significativa a causa de un acelerado proceso de eutrofización, generado por el impacto humano al introducirse las aguas negras y los agroquímicos de los poblados aledaños, que afectaron la calidad del agua. A ello se sumó el incremento de la población y el cambio de la agricultura de temporal por la de riego, lo que ocasionó una considerable reducción del nivel de agua en las épocas de estiaje. En la década de los ochenta, el lirio acuático invadió 60% de la superficie lacustre, y su posterior remoción por corte aumentó la cantidad de materia orgánica en el fondo del embalse, provocando que las concentraciones de oxígeno disuelto se abatieran. De esa manera, se redujo la calidad del agua a tal grado que imposibilitó la supervivencia de las poblaciones de peces en el embalse que sufrieron también las consecuencias de la sobreexplotación y la introducción de otras exóticas como las tilapias, lo que finalmente terminó con la pesca tradicional que existía en la laguna (Ramos Ventura y Novelo Retana, 1993; Díaz-Pardo).

En Guanajuato la pesca juega un papel secundario con respecto a otras actividades productivas. Sin embargo, es una actividad importante para pobladores en diversas localidades, tanto en el ámbito de la pesca comercial, como en el de la pesca de subsistencia. Es importante que hacia el futuro se logre un balance entre la producción basada en especies no-nativas y el desarrollo de pesquerías de peces nativos. Esto podría ser un paso importante para lograr: 1) que las poblaciones humanas que dependen de la pesca puedan seguir aprovechando los recursos dulceacuícolas, y 2) que los efectos negativos de las especies no nativas sobre los ecosistemas puedan ser reducidos.

También, con el fin de elaborar un documento de síntesis de los cambios ambientales, es fundamental el rescate de la información pesquera y de estudios ecológicos que se halla dispersa en los archivos de todas las dependencias que de una u otra forma han participado en el manejo de la laguna de Yuriria y de su actividad pesquera, como es el caso de la Comisión

Nacional del Agua, Comisión Lerma-Chapala, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraúlicos, Instituto Nacional de la Pesca y otras más.

Finalmente, se debe iniciar el acopio de las cifras de producción pesquera en todos los cuerpos de agua del Estado de Guanajuato con el objetivo de elaborar planes de manejo a corto, mediano y largo plazo.

Literatura citada

Ceballos Corona, J.G., M.R. Ortega Murillo, M. Medina Nava *et al.* 1994. *Análisis limnológico del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) *Biología Acuática* **1**: 1-45.

Conapesca (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2004. *Anuario estadístico de acuacultura y pesca*. Mazatlán, Sinaloa, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa).

Hartley-Alcocer, A.G. 2007. *Tilapia as a global commodity; a potential role for Mexico?*, tesis doctoral, Institute of Aquaculture University of Stirling Scotland, UK.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2005. *Anuario estadístico del Estado de Guanajuato.* Disponible en línea en el "Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato", en *http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee05/estatal/gto/index.htm*, última consulta septiembre de 2010.

Pesca (Departamento de Pesca). 1980. *Anuario estadístico pesquero 1980.* México.

Ramos Ventura, L.J. y A. Novelo Retana. 1993. "Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria Guanajuato, México", *Acta Botánica Mexicana* **25**: 61-79.

ESTUDIO DE CASO

APROVECHAMIENTO DE LA HIGUERILLA (*Ricinus communis*) PARA USO BIOENERGÉTICO

Vidal Fernández Carpio | Enrique Andrio Enríquez | Mariano Mendoza Elos

Introducción

Los recursos fitogenéticos o germoplasma son la suma de todas las combinaciones de genes resultantes de la evolución de una especie. Incluye especies silvestres (con potencial agrícola) y especies cultivadas. Dichos recursos tienen o pueden tener valor económico o utilitario, actual o futuro, siendo especialmente importantes si tienen utilidad prioritaria, como lo es la seguridad alimentaria; en ello radica la importancia de conocerlos, manejarlos, mantenerlos y utilizarlos racionalmente.

La higuerilla (*Ricinus communis*) es una planta común que crece en condiciones silvestres y con un alto grado de rusticidad. Los datos recientes indican el origen de la higuerilla en el continente africano, posee gran capacidad de adaptación por lo que se encuentra prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, aunque es típica de regiones semiáridas (Robles, 1982).

En los trópicos la planta de higuerilla es perenne, mientras presenta un desarrollo anual en regiones templadas, sin embargo, requiere de un ciclo de 140 a 180 días para su desarrollo. Presenta bajos porcentajes de germinación y emerge entre los 10 y 21 días después de sembrada, las variedades comerciales presentan una altura de entre uno y tres metros. La planta presenta tallos con varias ramas y cada una culmina en una espiga, la cual, una vez madura, llega a medir entre 15 y 45 cm de largo. En algunas variedades las flores femeninas se presentan en la parte alta, mientras que las masculinas en la parte baja de la espiga, las que se caen después de la polinización; otras presentan ambos tipos de flores intercaladas en la espiga o incluso las hay con flores femeninas únicamente, lo que hace posible la formación de híbridos. Las espigas bajas de la planta maduran primero y después lo hacen las espigas que se encuentran en la parte superior. Cada espiga contiene entre 15 y 80 cápsulas, las cuales pueden ser espinosas en su superficie, y se desarrollan provenientes de flores femeninas, contienen tres lóculos con una semilla en cada uno y en algunos casos presentan dehiscencia (apertura del fruto). Las semillas tienen forma ovoide, oblonga o semirredonda, generalmente con una protuberancia en la punta llamada carúncula, varían en tamaño y las variedades comerciales promedian entre 2 000 y 3 000 semillas por kg (Oelke *et al*., 1990).

En México a esta especie se le localiza desde zonas costeras hasta tierra adentro de Veracruz, Colima, Michoacán, en estados del centro del país y otras regiones como Chiapas, Tabasco y Campeche. En Guanajuato se le localiza en todo el Bajío hasta los 2 300 msnm ya que, por ser susceptible a bajas temperaturas, a más altura no se desarrollan. En las poblaciones localizadas en el Bajío guanajuatense se encontró diversidad en sus características morfológicas visibles, debido a que hay diferencias notorias en el color de sus tallos, de sus hojas y semillas. Asimismo, presentan variación en la altura de la planta, el tamaño de sus hojas y semillas, también se encontraron poblaciones importantes que presentan dehiscencia, sin embargo, las hay indehiscentes.

En la búsqueda de combustibles amigables con el medio ambiente, se está usando higuerilla para producir biodiesel en zonas áridas y semiáridas de China y la India, esta práctica provee beneficios ecológicos y técnicos, proporcionando oportunidad de desarrollo (Dove Biotech LTD, 2005). Para México es factible la explotación de esta especie, sin embargo, es importante señalar que deben usarse variedades o ecotipos locales, debido a que la experiencia en el estado de Michoacán en 2005

Fernández Carpio, V., E. Andrio Enríquez y M. M. Elos. 2012. “Aprovechamiento de la higuerilla (*Ricinus communis*) para uso bioenergético” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 234-240.

mostró que variedades mejoradas de otro país (Brasil) difícilmente se adaptan a nuestras condiciones por presentar susceptibilidad a plagas y enfermedades, así como la reducción en su rendimiento. Se sugiere la explotación de la higuerilla como una solución al problema de suelos marginales provocado por una reducción drástica en rendimientos en cultivos convencionales, ya sea por el abandono de sus propietarios, falta de agua para riego, ciclos de temporal erráticos o por falta de recursos económicos e incentivos del gobierno para convertirlas en tierras viables económicamente, que aporten al productor mejores ingresos y calidad de vida.

Los municipios del centro y sur del estado son los que presentan características ambientales y suelos más apropiados para la explotación de higuerilla, en esta región es donde se localizan poblaciones importantes de la especie, se encuentran a la orilla de carreteras, canales de drenaje y conducción de agua para riego, principalmente, lo que significa que está más adaptada a estas condiciones, además de que la geografía de la zona en general es plana con tierras profundas y mecanizadas, lo que favorece y simplifica su explotación (SNEIG, 2009).

Es importante destacar que para la producción de biodiesel es necesario que los productores agrícolas conozcan las bondades de esta planta y su particularidad como alternativa que contribuya en el futuro a la producción de un combustible económico y anticontaminante para la agroindustria, por lo que se recomienda una capacitación técnica y adopción de la tecnología disponible (Fernández-Carpio y Mendoza-Elos, 2009). Se debe considerar también el uso de materiales selectos y mejorados que podrán servir al agricultor por su mayor productividad, sin embargo, actualmente en México no se cuenta con materiales de higuerilla mejorados. No obstante, en INIFAP Bajío se trabaja en la selección de variedades para su explotación en la zona; se han dispuesto recursos por parte de los distintos niveles de gobierno, con apoyos otorgados a través de Conacyt, vía Fondos Mixtos, y la Sagarpa en proyectos canalizados a los centros de investigación, universidades y empresas relacionadas con el ramo, para trabajar en ese sentido y hacer posible la toma de decisiones que conlleven a mejorar las condiciones del campo mexicano, sobre todo en las zonas marginadas, promoviendo para ello la explotación de especies bioenergéticas alternativas. Cabe señalar que es necesario incluir líneas de investigación relacionadas con la postcosecha de estas especies y la producción de biocombustibles, por lo que se le debe sugerir al productor interesado en esta rama la explotación de toda la cadena productiva.

Como referente, Brasil en el 2005 producía 27% de su energía a través de biomasa y actualmente cuenta con 90 millones de hectáreas para producir oleaginosas, situándose como el primer país productor de energía alternativa a nivel mundial (Kuhner, 2006), y autosuficiente en este rubro.

En México la superficie con potencial para cultivos bioenergéticos la representan las tierras marginales que se localizan en gran parte del territorio nacional. En Guanajuato se tiene una superficie para uso agrícola de 1 174 561 ha, de las cuales 502 973 son de riego y 671 588 son de temporal (García y Martínez, 2007), de estas últimas una superficie de 186 373 ha no son aptas para maíz y se encuentran intersectadas con el uso del suelo y acotadas al área agrícola de temporal, por lo que pueden considerarse tierras ociosas o marginales, lo que implica la posibilidad de usarlas en la explotación de especies bioenergéticas.

La agroenergética es una nueva faceta para la agricultura que pretende la producción de biomasa mediante cultivos específicos y la transformación de ésta en productos energéticos de fácil utilización en los sistemas convencionales, en sustitución de los combustibles tradicionales. El desarrollo de esta actividad agrícola en un plazo más o menos breve depende principalmente de la identificación de especies vegetales adecuadas para producir biomasa en las tierras disponibles (en desuso implica mayor trabajo, pero se rescatarían tierras productivas), la disponibilidad de tecnología necesaria para hacer competitiva la producción de biocombustible, el interés de la sociedad por conservación y protección del medio ambiente, y el establecimiento de políticas adecuadas para estimular al agricultor y al industrial a iniciar esta actividad (Tapia, 2007).

El desarrollo de la industria de los bioenergéticos podría ampliar el acceso a los sistemas

de energía, crear fuentes de trabajo y aumentar el ingreso en zonas rurales de nuestro país. Este es un punto que requiere especial consideración ya que el desarrollo sustentable de las zonas rurales, y en especial de zonas remotas o marginadas, es una prioridad de la nación. Las zonas donde no existe un alto potencial para la producción de alimentos pueden ser aptas para el desarrollo de especies útiles como insumos para la producción de bioenergéticos (Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos, 2010).

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de las características que presentan los ecotipos evaluados, al señalar que las variables morfoagronómicas observadas y contrastadas presentan diferencias notorias, como se muestra en las figuras y cuadros correspondientes (cuadro 1 y figuras 3-6).

Las principales variables consideradas en este estudio indican que ecotipos, como el de San José del Rodeo, municipio de Guanajuato, presentan altos contenidos de aceite (48%), y el ecotipo 69 de San Cayetano, municipio de Celaya, presenta contenidos aceptables de grasa (38%) y rendimiento de más de 1.5 t/ha (figuras 1 y 2).

Lo anterior permite concluir que en el estado de Guanajuato se localizan ecotipos con gran potencial para ser explotados comercialmente, para ello se sugiere continuidad en investigaciones sobre su evaluación y mejoramiento con el fin de lograr en breve la obtención de variedades mejoradas o incluso híbridos a través de programas de mejoramiento genético.

Metodología

Se realizaron trabajos encaminados a conocer la diversidad genética de la higuerilla, a partir de 71 colectas de ecotipos silvestres existentes en las diversas regiones del estado de Guanajuato, se establecieron en parcelas individuales y se procedió a su caracterización, selección, análisis de semilla, contenidos de aceite y calidad.

Resultados

Se obtuvieron 45 ecotipos con características de dehiscencia y 26 que presentan indehiscencia de los frutos, con contenidos de aceite que oscilan de 14.32 a 48.54% (figura 1). En las colectas (26 indehiscentes) su rendimiento promedio alcanza los 1 560 kg/ha de semilla, el que resulta muy bajo comparado con el rendimiento de híbridos americanos que producen hasta 4 000 kg de semilla/ha (cuadro 1 y figura 2). En las colectas dehiscentes no se cuantificó el rendimiento debido a la dificultad que representó la caída de sus semillas por desgrane o dispersión natural. Han sido determinadas diferentes características morfoagronómicas, como la altura de la planta, color del tallo, color y tamaño de las hojas, color y tamaño de las semillas tipo de racimo, contenido de aceite, las accesiones presentan marcados contrastes de variabilidad, entre otras (figuras 3-6).

La propuesta de López y Abreu (2006) indica que para la producción de energía alternativa con base en la biomasa de las semillas se debe considerar el rendimiento de aceite producido por cada especie. De acuerdo a las colectas realizadas en el estado, se encontró amplia variabilidad genética en las muestras/materiales dehiscentes e indehiscentes, a diferencia de lo determinado por Ruiz-Nieto (2010), al caracterizar con marcadores moleculares genotipos de *Ricinus communis* del estado derivados de las colectas de este mismo estudio, las cuales mostraron baja diversidad genética (considerando que es probable esta diferencia debido a la evaluación genética de sólo 20 de las 71 accesiones).

Se identificaron y caracterizaron ecotipos indehiscentes con alto potencial en rendimiento de aceite, descartando aquellos con bajo contenido (menos de 13%) (cuadro 1); con la caracterización morfoagronómica realizada se encontraron marcados contrastes en forma, tamaño, color de las hojas, tallos, frutos y peso de las semillas (figuras 3, 4, 5 y 6), esto permite conocer cada ecotipo por sus características físicas, lo que servirá para señalar su potencial agronómico que debe tomarse en cuenta al integrarlos a un programa de mejoramiento genético en universidades o instituciones de investigación agropecuaria y así contar con materiales nacionales de mayor trascendencia por su rendimiento y productividad.

Las variables que identifican los materiales evaluados, representan características propias que las diferencian entre sí para continuar estu-

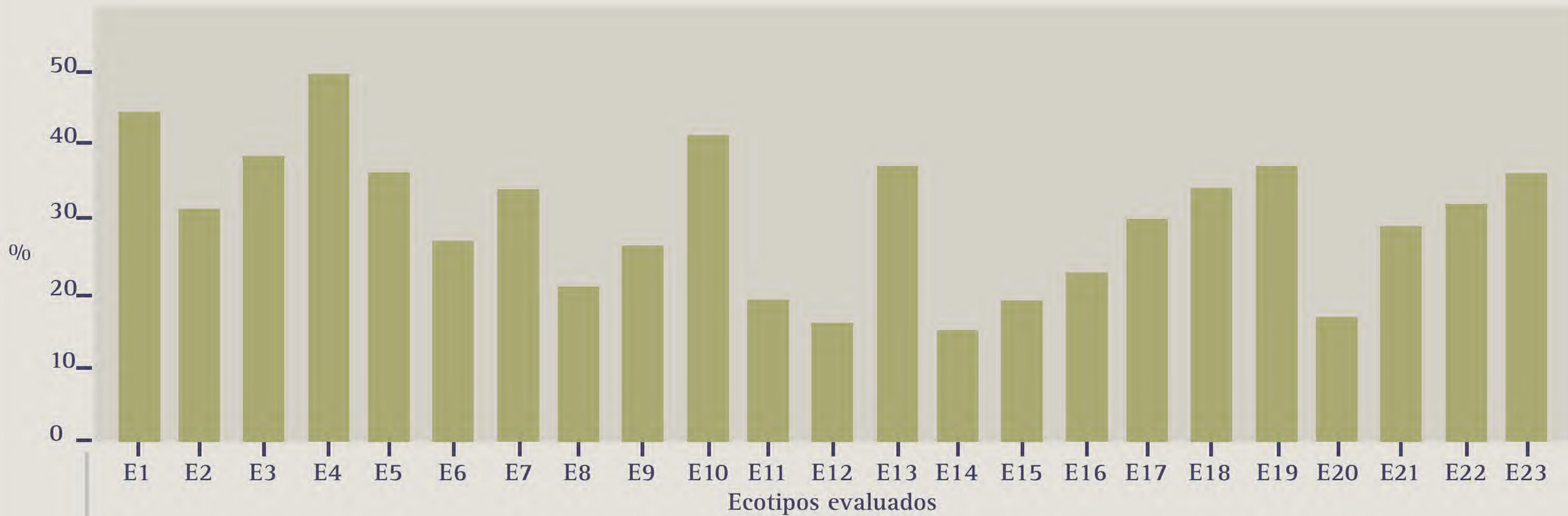


Figura 1. Contenido de aceite de 23 ecotipos silvestres, dehiscentes e indehiscentes, de higuerilla (*Ricinus communis*) seleccionados por su potencial productivo.

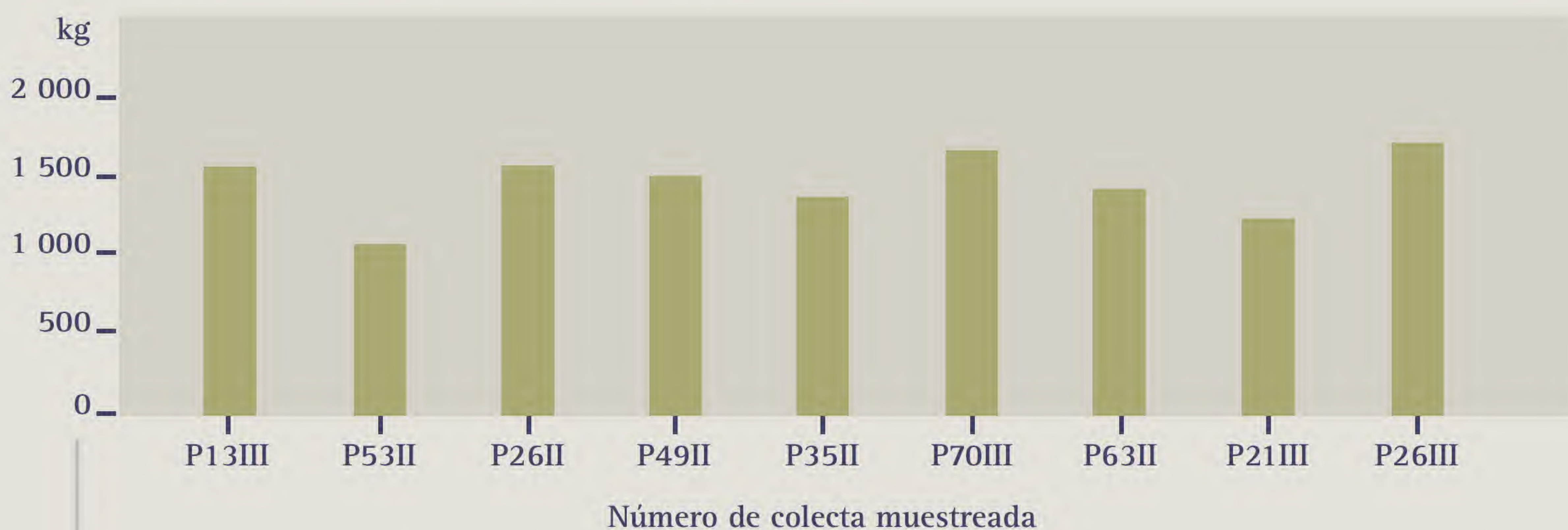


Figura 2. Rendimiento de los ecotipos silvestres de higuerilla con mejor potencial productivo, seleccionados de 71 colectas.

Cuadro 1. Diferencias encontradas en rendimiento y las principales características entre colectas sobresalientes de higuerilla de Guanajuato y un híbrido americano.

Colecta vs híbrido americano				
Características	Colecta 26	Colecta santiago	Colecta El rodeo	Híbrido Shb way
Días a Cosecha **	270	250	300	200
Rendimiento Potencial	1 560 kg/ ha	1 400 kg/ ha	1 200 kg/ ha	4 000 kg/ ha
Floración (DDS) **	70	65	75	43
Dehiscencia del fruto	Indehiscente	Indehiscente	Semidehiscente	Indehiscente
Tamaño de la semilla	Pequeña	Mediana	Pequeña	Mediana
Color de la semilla	Gris oscura / jaspeada	Café rojiza / jaspeada	Gris oscura / jaspeada	Blanca / jaspeada
Altura de planta **	2.0 mts	3.5 mts	2.5 mts	1.2 mts
Infrutescencia o racimo	Semicompacta /Concentrada	Abierta	Semicompacta	Compacta
Contenido de aceite **	35-38%	38%	48%	48-55%
Densidad de siembra	1 600 plantas/Ha	1 333 plantas/Ha	1 600 plantas/Ha	25 000 a 40 000 plantas/Ha



Figura 3. Variabilidad de las hojas en forma y pigmentación de ecotipos silvestres de higuerilla del estado de Guanajuato. Colecta 3, Salvatierra, colecta 35, Valle de Santiago y colecta J. Rosas (fotografía de Fernández-Carpio, 2009).



Figura 4. Diversidad fenotípica en las inflorescencias de ecotipos silvestres de higuerilla de Guanajuato. Colecta 10, Celaya, colecta San Cayetano, colecta Bvd., J. Pablo II (fotografía de Fernández-Carpio, 2009).



Figura 5. Variabilidad en los tallos de ecotipos silvestres de higuerilla. Colecta Rancho El Rodeo; colecta Santiago; colecta Apaseo el Alto (fotografías de Fernández-Carpio, 2009).



Figura 6. Tamaño, forma y color de las semillas de 14 ecotipos silvestres de higuerilla del estado, seleccionadas en forma aleatorias de 71 colectas estudiadas (fotografía de Fernández-Carpio, 2009).

diándolas o explotarlas comercialmente en función de las variables de interés. Posteriormente, podrán ser usadas por los productores dedicados a la explotación de esta especie, una vez que se liberen las variedades mejoradas.

Comentarios

En Guanajuato la higuerilla no es la única alternativa, pero debido a sus atributos naturales de rusticidad y resistencia a sequía se sugiere su explotación en suelos marginales, lo que representa una posibilidad para rescatar tierras bajo estas condiciones.

Entre otras especies bioenergéticas se están estudiando la remolacha, el sorgo dulce, la canola, el piñón mexicano, que requieren sistemas de riego para su explotación y las ubica en desventaja con respecto a la higuerilla (Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos, 2010).

Agradecimientos

Con el sincero agradecimiento al CONCYTEG por el financiamiento del proyecto: "Colecta y evaluación de material genético de higuerilla (*Ricinus communis* L.), rendimiento de aceite y su calidad para la producción de biodiesel" (Convenio 07-11-A-046-046).

Literatura citada

Dove Biotech LTD. 2005. *Total renewable, sustainable organic solution the global energy, water & environment*, en *http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Estrategiabioenergeticos.pdf*, última consulta septiembre de 2010.

Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos. 2010. En *http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Estrategiabioenergeticos.pdf*, última consulta 19 de junio de 2012.

Fernández-Carpio, V. y M. Mendoza-Elos. 2009. *Caracterización de genotipos de higuerilla (Ricinus communis), del estado de Guanajuato*. Conferencia. Congreso Internacional y Feria de Energía Guanajuato 2009.

García, N.H. y L.G. Martínez. 2007. "Uso de ortofotos para actualizar el mapa de uso del suelo en Guanajuato, México", *Agricultura Técnica en México* 33: 271-280.

Kuhner, K.D. 2006. *Biofuel in the world*. European Union Meets Latin America on Renewable Energy. Panama.

López, R. y F. Abreu. 2006. Experiencia de Brasil en Desarrollo y Difusión de especies con fines energéticos. Brasil, en *http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Documento/JatrophaContrataciones/PRESENTACION-FREDERIQUE-ABREU.pdf*, última consulta 19 de junio de 2012.

Oelke, E.A., A.R. Kaminski, S.M. Combs *et al*. 1990. *Castorbeans*. Departments of Agronomy, Soil Science and Agriculture Engineering.

Tapia, A.E. 2007. “Perspectiva del uso de maíz para la producción de bioetanol”, *Claridades Agropecuarias* 164: 21-29.

Robles, S.R. 1982. *Producción de oleaginosas y textiles*, México, Limusa.

Ruíz-Nieto, J.E. 2010. *Diversidad Genética de veinte colectas de Ricinus communis* L., *del estado de Guanajuato*, tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México.

SNEIG (Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica). 2009. En http://*www2.inegi.org.mx/sneig/*, última consulta septiembre de 2009.

DIATOMEAS EN BORDOS DE LA SUBCUENCA SAN MIGUEL ALLENDE: POSIBLE INDICADOR AMBIENTAL

Enrique Arturo Cantoral-Uriza | Luis Demetrio Mora-Hernández

Introducción

Como parte de los estudios ambientales realizados a nivel de subcuenca y microcuenca por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ, 2008), se presentan los resultados preliminares de la taxonomía de las algas diatomeas (Bacillariophyceae) y su propuesta como indicadores de calidad de agua en 10 bordos dentro de la subcuenca Allende perteneciente al municipio de San Miguel de Allende en Guanajuato (figuras 1 y 2).

La subcuenca se encuentra en la cuenca alta del río Laja, como parte del Sistema Hidrológico Lerma-Chapala (Palacios y López, 2005). Se ubica en el municipio de San Miguel de Allende y presenta un clima semiseco-semicálido, con lluvias en los meses de junio-octubre y precipitaciones cercanas a los 500 mm (Palacios y López, 2005; Inegi, 2005). La subcuenca está formada por nueve microcuencas (UAQ, 2008) y dentro de ella se encuentran en su gran mayoría arroyos intermitentes que llevan agua en la época de lluvia, mientras que el resto del año desaparecen y sólo permanecen bordos hechos por los habitantes de la región como reservorios para las comunidades. Es justamente en estos bordos donde se realizó el presente estudio.

Las nueve microcuencas mencionadas anteriormente se encuentran en la zona de bajo riesgo por fluorosis (provoca amarillamiento de dientes y problemas de riñón) y bajo contenido de arsénico de la región, mientras que la presencia de coliformes fecales en las microcuencas San Marcos de Begoña, Sosnabar, Cerritos, Guadalupe de Támbula, Huizachal y Puerto de Nieto representa un riesgo potencial para la salud de sus pobladores (ESF, 2006), particularmente en la época de estiaje. En esta zona se usa agua de pozo con buena calidad para las necesidades básicas de vida, contrastando con la situación que presenta actualmente el acuífero de Independencia, ubicado al norte de esta subcuenca en la región de Dolores Hidalgo, el cual ha sufrido una sobreexplotación, particularmente por el riego, lo que ha provocado la disminución de agua y el aumento de sodio, y con esto la posibilidad de sodicidad en la tierra con los efectos negativos directos en la agricultura (Castellanos *et al.*, 2002; Ortega-Guerrero *et al.*, 2002). Se ha demostrado, para la región, que el tiempo de residencia del agua en los acuíferos profundos es de miles de años (Garfias *et al.*, 2004; Navarro de León 2006), por lo que es un recurso que debe valorarse seriamente.

Diatomeas

Las diatomeas son algas microscópicas unicelulares con una alta diversidad de especies que viven en el agua y crecen en muchos hábitats (suelos, lagos, ríos) y en condiciones ambientales muy variables que van desde aguas prístinas a ambientes alterados (Duong *et al.*, 2006). En la actualidad se conocen muchas de sus especies y es por esto que varias de ellas son excelentes indicadores ecológicos. En este sentido, se tiene información de sus preferencias ambientales y su distribución, lo que ayuda a emplearlas como un bioindicador confiable en estudios de calidad de agua (Wolf, 1982; Lobo y Kobayasi, 1990; Dam *et al.*, 1994; Lobo *et al.*, 1995; Lobo, 1997).

Conocer las especies de diatomeas nos ayuda a relacionarlas con una serie de datos de la literatura de tipo ambiental ligados a sus preferencias de vida, por lo que podemos usarlas como un sensor del estado ambiental y asociarlas con valores cualitativos, como la materia orgánica disuelta en el agua, que permite saber los grados de sustancias que se incorporan a ésta a

Cantoral Uriza, E. A. y L. D. Mora Hernández. 2012. "Diatomeas en bordos de la subcuenca San Miguel Allende: posible indicador ambiental" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 241-253.

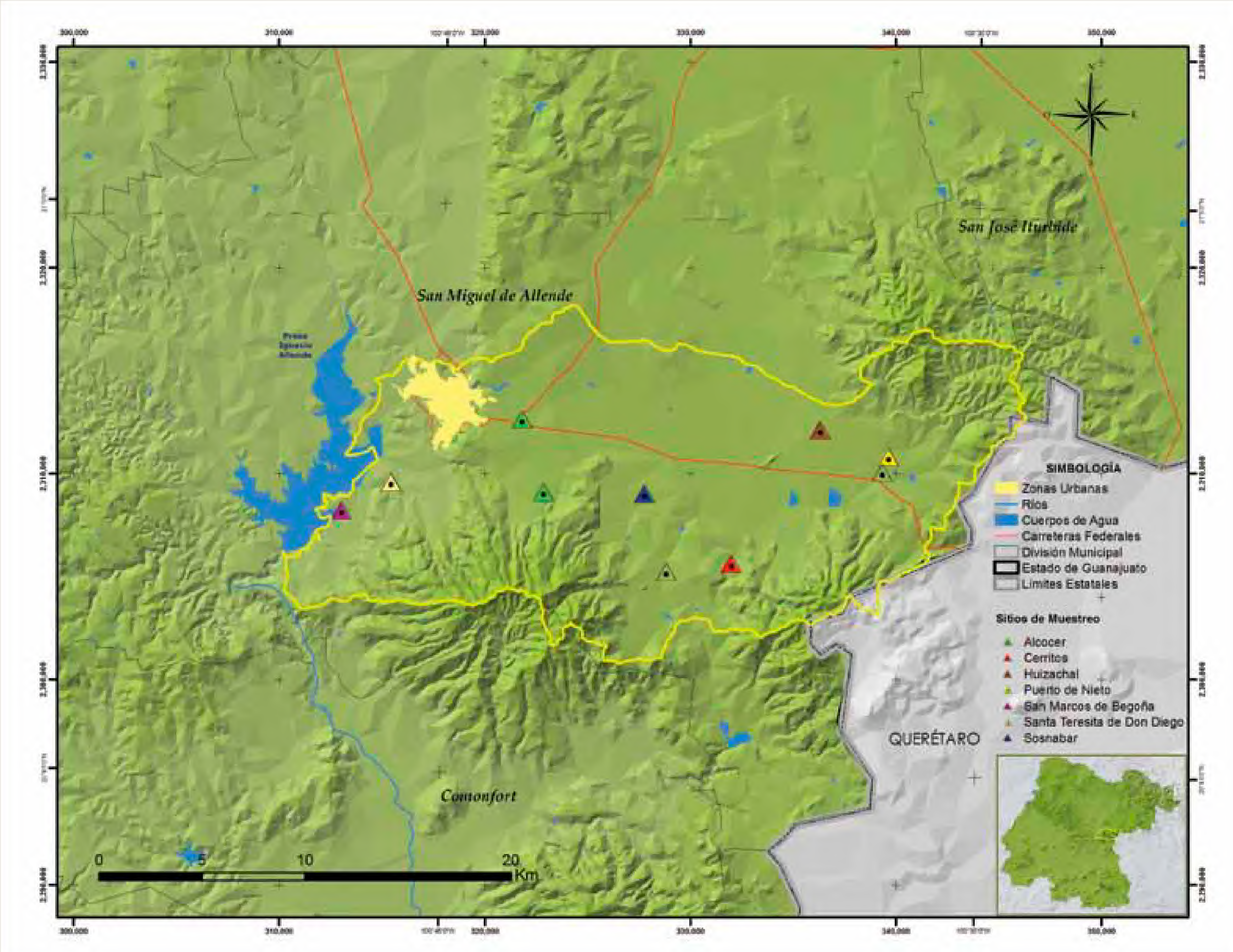


Figura 1. Sitios de muestreo del agua en la subcuenca Allende, Guanajuato (elaboró Lucia Sanaphre).



1)



2)



3)



4)



5)



6)



7)



8)



9)



10)



11)

Figura 2. Sitios de estudio por microcuenca. 1) Guanajuatito. 2) Rancho Puerto de Nieto. 3) Huizachal. 4) Bordo Lira de Bocas. 5) Bordo antes de Sosnabar. 6) Arroyo el Membrillo. 7) Presa Santa Teresita de Don Diego. 8) Presa Allende en San Marcos de Begoña. 9) Bordo camino a Alcocer. 10) Atrás municipio de San Miguel de Allende. 11) Salida de agua del municipio de San Miguel de Allende (fotografías de Enrique Cantoral).

través de basura y desechos agrícolas y urbanos. En el presente trabajo se empleó a las diatomeas por ser un grupo sensible a los cambios ambientales en el agua, lo que permitirá sumar información para la mejor toma de decisiones en el manejo del agua en la subcuenca Allende.

Materiales y métodos

Se realizó la recolecta de diatomeas y toma de datos fisicoquímicos de agua en el periodo de secas frías de noviembre de 2008. Se registraron *in situ* los datos ambientales de pH, conductividad específica, oxígeno disuelto y temperatura. Se georreferenciaron cada uno de los bordos de estudio para ubicarlos espacialmente (cuadro 1, figura 1).

La comunidad microalgal se caracterizó a través del registro de diatomeas adheridas en una superficie de roca de 10 x 10 cm, raspadas con un cepillo dental. Se observaron en vivo para advertir el contenido celular; posteriormente, de cada muestra se tomaron 200 µl para hacer la limpieza de los frústulos (células) con la técnica de Rushforth *et al.* (1984) y se montaron dos preparaciones semipermanentes con resina Naphrax. El análisis de riqueza y abundancia se estimó contando 400 valvas de cada submuestra (Prygiel, 2002). El conteo se realizó con un microscopio óptico y para el registro de las especies se tomaron microfotografías. Para su identificación se emplearon los trabajos de Patrick y Reimer (1966) y Krammer y Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b). Para las afinidades ambientales fueron empleados los trabajos de Wolf (1982) y Dam *et al.* (1994).

Resultados

Las características fisicoquímicas muestran que se tienen bordos con agua templada a cálida 13.5-23.0 (18.0±3.2 °C), de circumneutral a alcalina 6.8-8.5 (7.8±0.56) con baja a alta conductividad específica 86-1900 (515±569 µS), con la mayor concentración de iones en los sitios en Alcocer y con las menores en Sosnabar, Santa Teresita de Don Diego, San Marcos de Begoña y Cerritos, así como las medias en Puerto de Nieto. Con aguas de poco oxígeno (Sosnabar) a bien oxigenadas 6.4-8.4 (7.5±0.6 mg/l) (cuadro 1).

Se han identificado hasta el momento 36 taxa, pertenecientes a 19 géneros, de los cuales uno pertenece al orden Centrales y 18 al orden Pennales. Los géneros con mayor número de especies fueron *Navicula* (cinco), *Nitzschia* (cinco) y *Gomphonema* (cuatro) (cuadro 2).

En los bordos estudiados se reconocieron, por sus afinidades ambientales confrontadas con la literatura, tres grupos de diatomeas con relación a su tolerancia a la materia orgánica. El grupo de especies afines a aguas limpias tuvo preferencias por aguas neutras a alcalinas, con bajas concentraciones de nitrógeno y toleró ligeramente medianas concentraciones del mismo: aguas oxigenadas a moderadamente oxigenadas y limpias a medianamente limpias Wolf (1982) (Dam, 1994) (figura 3, cuadro 3).

El grupo de diatomeas de mediana concentración de materia orgánica prefirió aguas alcalinas, moderadamente oxigenadas y toleró concentraciones bajas de materia orgánica y aguas sucias (Wolf 1982 y Dam *et al.* 1994) (figura 4, cuadro 3).

Finalmente, el grupo de diatomeas que toleró alta concentración de materia orgánica, prefirió aguas alcalinas, con elevadas concentraciones de materia orgánica, baja concentración de oxígeno y de aguas medianamente sucias a muy sucias (Wolf 1982 y Dam *et al.* 1994) (figura 5, cuadro 3).

Los grupos de especies indicadoras por categoría, coincidieron con lo reportado en la literatura (Wolf 1982 y Dam *et al.* 1994) y con las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua de la subcuenca San Miguel de Allende (cuadros 1 y 2).

Es importante mencionar que durante la revisión de las diatomeas, se encontratron algunas malformaciones en individuos de *Fragilaria goulardii* (<10% de la población) presentes en la Presa Allende. Esto puede deberse a factores que alteran la fisiología y metabolismo de los individuos, como pueden ser los metales pesados.

Los resultados aquí presentados corresponden a una época del año, por lo que será necesario hacer un muestreo estacional que permita conocer los cambios de las especies (diversidad) a lo largo de un ciclo estacional, con el fin de mostrar especies frecuentes y temporales y afinar los grupos de análisis.

Cuadro 1. Ubicación y características fisicoquímicas de los sitios de muestreo en la subcuenca Allende, Guanajuato.

Microcuenca	Puerto de Nieto		Huizachal	Cerritos	Sosnabar	
Localidad	Guanajuatito	Rancho Puerto de Nieto	Huizachal	Bordo Lira de Bocas	Bordo antes de Sosnabar	Arroyo El Membrillo
Latitud norte	20° 53′25.92”	20° 53′ 1.14”	20° 54′ 7.44”	20° 50′ 34.86”	20° 52′ 24.24”	20° 50′ 20.82”
Longitud oeste	100° 32′31.56”	100° 32′ 42.36”	100° 34′ 26.7”	100° 36′ 54.6”	100° 39′ 21.66”	100° 38′ 44.1”
Altitud (msnm)	2 133	2 109	2 108	2 111	2064	2114
Temperatura (°C)	15.7	13.5	16.6	21.6	14.7	16.4
pH	7.7	8.3	7.7	8.1	7.0	6.8
Conductividad (μS)	704	452	220	191	86	228
O_2 (mg/l)	8.2	8.4	7.6	7.4	6.8	7.8

Cuadro 1. Continuación.

Microcuenca	Santa Teresita de Don Diego	San Marcos de Begoña	Alcocer	Alcocer
Localidad	Presa Santa Teresita de Don Diego	Presa Allende en San Marcos de Begoña	Bordo camino a Alcocer	Atrás municipio SMA
Latitud norte	20° 52′ 38.58”	20° 51′ 52.86”	20° 52′ 25.8”	20° 54′ 19.8”
Longitud oeste	100° 46′ 28.86”	100° 47′ 51.24	100° 42′ 12”	100° 42′ 49.2”
Altitud (msnm)	1881	1853	2131	2027
Temperatura (°C)	23.0	20.0	20.0	20.9
pH	8.5	8.0	7.4	8.1
Conductividad (μS)	162	182	1026	1900
O_2 (mg/l)	7.8	7.8	7.0	6.4

4 Capítulo

Cuadro 2. Especies de diatomeas (Bacillariophyceae) encontradas en bordos de la subcuenca Allende, ordenadas sistemática y alfabéticamente.

División Heterokontophyta Clase Bacillariophyceae	
Nombre científico	**Autoridad**
Orden Centrales	
Familia Thalassiosiraceae	
Cyclotella meneghiniana	Kützing
Orden Pennales	
Familia Achnanthaceae	
Achnanthes lanceolata	(Brébisson) Grunow
Achnanthes minutissima	Kützing
Cocconeis placentula	Ehrenberg
Familia Bacillariaceae	
Denticula sp.	Ehrenberg
Familia Eunotiaceae	
Eunotia pectinalis	(Kützing) Rabenhorst
Familia Fragilariaceae	
Fragilaria goulardii	(Brébisson) Lange-Bertalot
Ulnaria ulna	Ehrenberg
Familia Naviculaceae	
Caloneis bacillum	(Grunow) Cleve
Caloneis silicula	(Ehrenberg) Cleve
Caloneis spp.	Cleve
Cymbella mexicana	(Ehrenberg) Cleve
Cymbella silesiaca	Bleisch
Diploneis sp.	Ehrenberg ex Cleve
Encyonema neogracile	Krammer
Gomphonema affine	Kützing
Gomphonema clavatum	Ehrenberg
Gomphonema parvulum	(Kützing) Kützing
Gomphonema truncatum	Ehrenberg
Navicula cryptocephala	Kützing
Navicula cuspidata	(Kützing) Kützing
Navicula menisculus	Schumann
Navicula riediana	Lange-Bertalot & Rumrich
Navicula spp.	Bory de Saint-Vincent
Pinnularia silviasalae	Metzeltin et al.
Pinnularia spp.	Ehrenberg
Sellaphora pupula	(Kützing) Mereschkowksy
Familia Neidiaceae	
Neidium sp.	Pfitzer
Familia Nitzschiaceae	
Hantzschia amphioxis	(Ehrenberg) Grunow
Nitzschia acicularis	(Kützing) W.Smith
Nitzschia gracilis	Hantzsch
Nitzschia linearis	(Agardh) W. Smith
Nitzschia palea	(Kützing) W.Smith
Nitzschia umbonata	(Ehrenberg) Lange-Bertalot
Familia Surirellaceae	
Surirella angusta	Kützing
Surirella ovalis	Brébisson

Cuadro 3. Concentración de materia orgánica.

Sitio	Clave de concentración de materia orgánica
1. Guanajuatito	B
2. Rancho Puerto de Nieto	M
3. Huizachal	B
4. Bordo Lira de Bocas	B
5. Bordo antes de Sosnabar	B
6. Arroyo el Membrillo	M
7. Presa Santa Teresita de Don Diego	M
8. Presa Allende en San Marcos de Begoña	M
9. Bordo camino a Alcocer	M
10. Atrás municipio de San Miguel de Allende	A

A: Agua con alta concentración de materia orgánica;
B: Agua con baja concentración de materia orgánica (limpia);
M: Agua con mediana concentración de materia orgánica.

Recomendaciones

Con los resultados obtenidos hasta ahora, consideramos que se debe continuar el estudio de diatomeas y otras algas en la región para conocer su biodiversidad, distribución y ecología, y así poder seleccionar las especies regionales que responden frecuentemente como indicadores de calidad de agua junto con el estudio de macroinvertebrados y bacterias.

Para un mejor funcionamiento de los bordos y de la red hídrica en la subcuenca, proponemos realizar acciones encaminadas a mantener la integridad del ecosistema acuático, por lo que se recomienda: *a*) dejar 15 m a cada lado del cauce de los arroyos intermitentes en la subcuenca, con el fin de respetar los límites hidráulicos en la temporada de lluvias y favorecer así la conservación de suelo y vegetación de galería. Con esto, se garantiza disminuir la probabilidad de inundaciones de los caminos y poblaciones. *b*) Plantar vegetación de la región en los laterales de cauces, particularmente en las planicies, para ir recuperando la vegetación de galería y apoyar a los cauces en época de lluvias. *c*) En los cauces es necesario dejar sustrato de cantos rodados y retirar los sedimentos acumulados de suelo, los cuales pueden ser empleados para incorporarlos a tierras de cultivo, ya que son ricos en nutrimentos. Con estas acciones podremos, con la comunidad de diatomeas, monitorear desde el interior del agua los efectos positivos y negativos que se realicen externos al sistema hídrico.

Los bordos deben mantenerse para que sigan brindando el servicio ambiental de provisión de agua para animales y siembras. Hasta el momento, los bordos presentan de buena a mediana calidad de agua la cual puede mantenerse y mejorar si se controlan los desechos humanos en los poblados con alguna ecotécnia disponible (*v. g.* baños secos).

La continuación de los estudios harán posible tener una visión integral del funcionamiento ambiental hídrico, como valorar la presencia y concentración de metales pesados en la presa Allende ya que pueden estar generando algunas malformaciones en diatomeas, lo que nos permitiría dar pautas de su manejo en la zona.

Finalmente, se propone la conservación de zonas de vegetación para la recarga local en las partes altas de los Picachos, Támbula y La Margara, para garantizar el abastecimiento de los mantos freáticos de las diferentes microcuencas y tener un mejor funcionamiento ambiental.

Agradecimientos

Al doctor Raúl Pineda de la UAQ, por su invitación a participar en el proyecto. A Don Patterson, Director de Medio Ambiente y Ecología del Municipio de San Miguel de Allende, por brindar las facilidades y apoyar los diversos estudios. A los habitantes de las microcuencas, por su apoyo y disposición, pues sin ellos no se podría lograr la relación entre los estudios ambientales y sociales y las propuestas que ellos generan en beneficio de la mayoría de los habitantes y del medio ambiente.

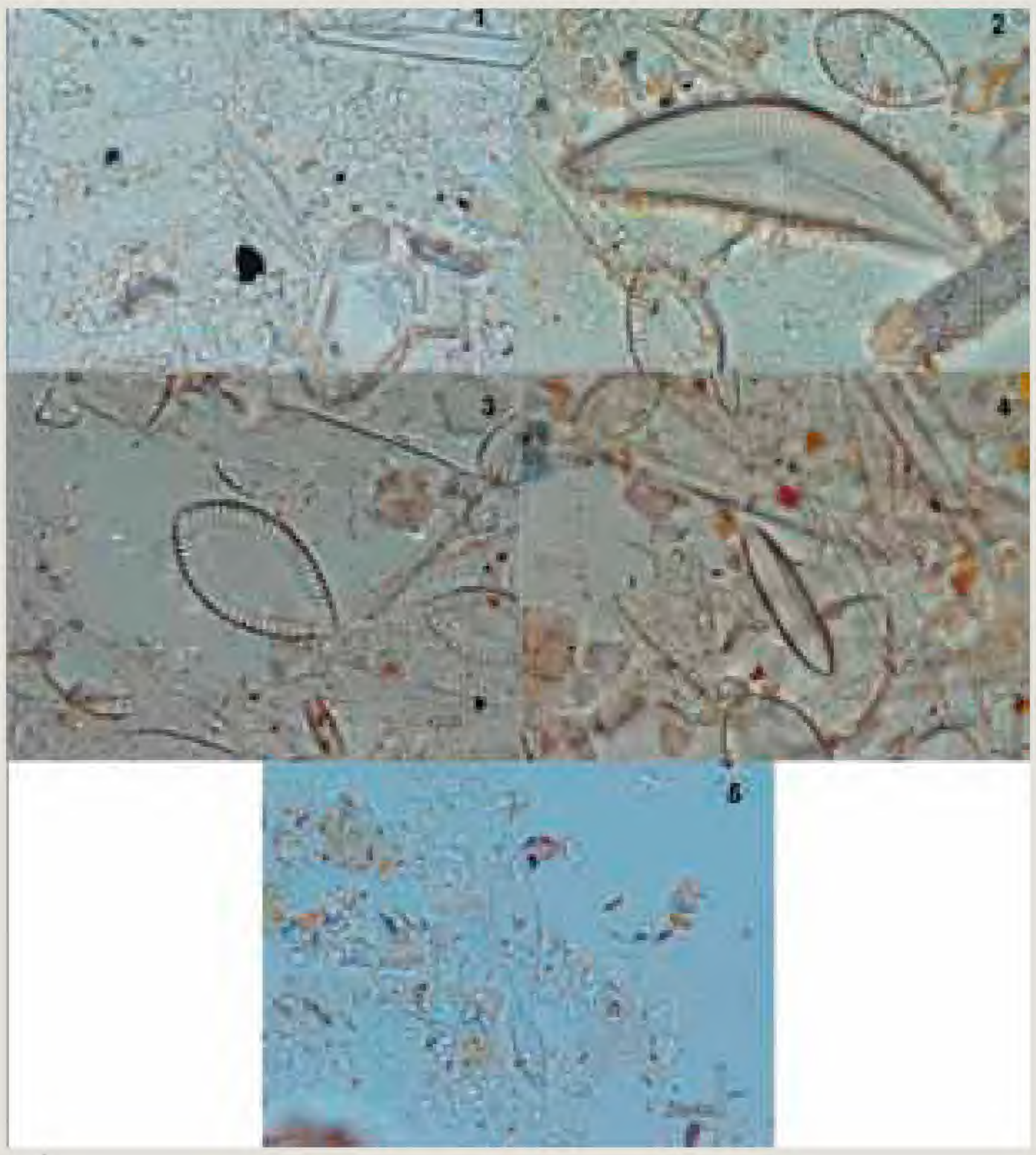


Figura 3. Diatomeas de aguas con baja concentración de materia orgánica (limpias). 1) *Navicula cryptocephala*, 2) *Cymbella mexicana*, 3) *Surirella ovalis*, 4) *Caloneis* sp., 5) *Navicula cuspidata*. Aumento 1 000x. Microfotografías tomadas por Enrique Cantoral.

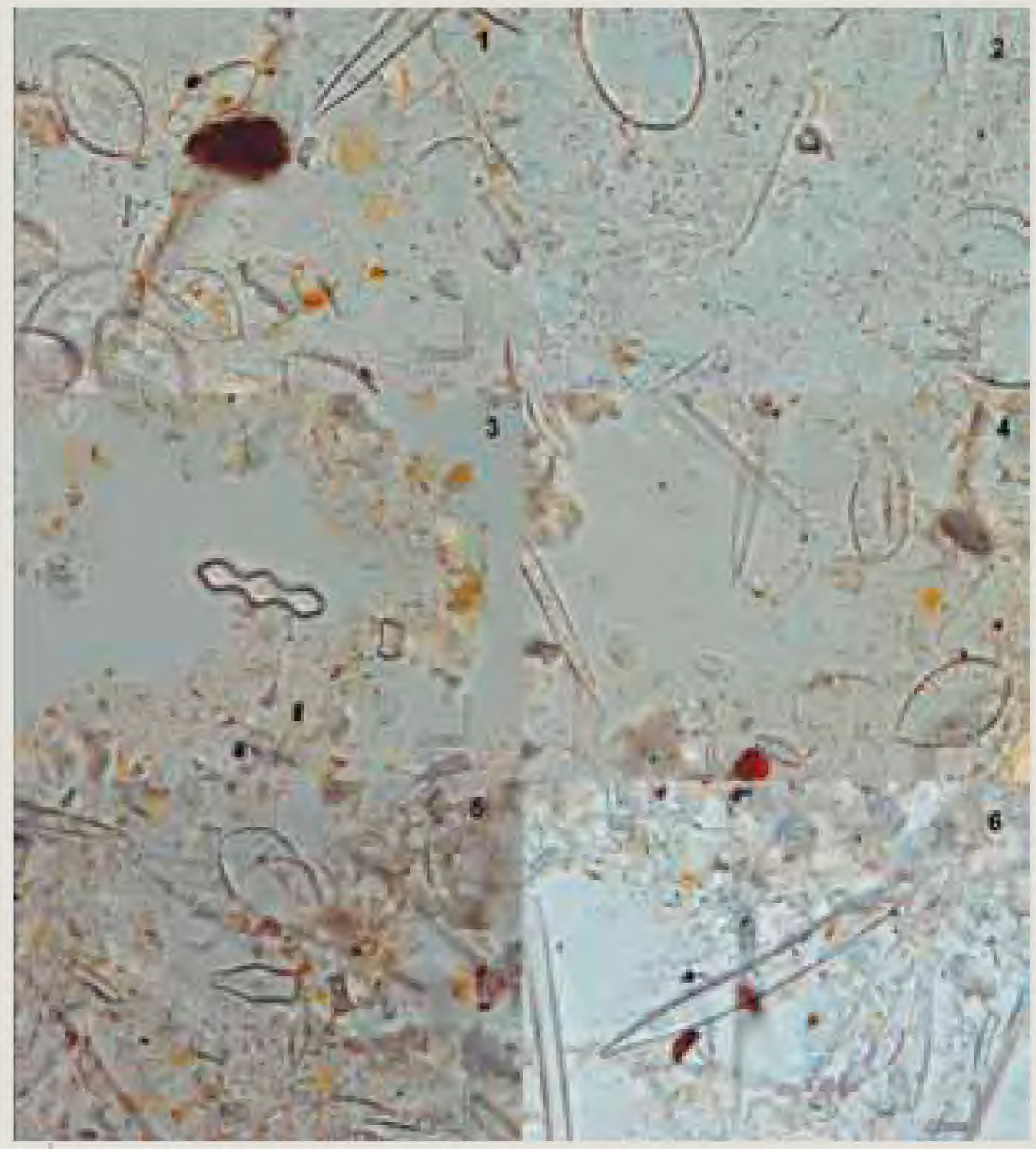


Figura 4. Diatomeas tolerantes a mediana concentración de materia orgánica. 1) *Cocconeis placentula*, 2) *Cyclotella meneghiniana*, 3) *Caloneis silicula*, 4) *Gomphonema parvulum*, 5) *Gomphonema truncatum*, 6) *Hantzschia amphioxis*. Aumento 1 000x. Microfotografías tomadas por Enrique Cantoral.



Figura 5. Diatomeas tolerantes a alta concentración de materia orgánica. 1) *Nitzschia linearis*, 2) *Nitzschia palea*. Aumento 1 000x. Microfotografías tomadas por Enrique Cantoral.

Literatura citada

Castellanos, J., A. Ortega-Guerrero, O. Grajeda *et al.* 2002. "Chances in the quality of groundwater for agricultural use in Guanajuato", *Terra* **20**: 161-170.

Dam, Van H., A. Mertens y J. Sinkel. 1994. "A code checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands", *Netherlands Journal of Acuatic Ecology* **28**: 117-133.

De Wolf, H. 1982. "Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization". Meded. Rijks Geol. *Dlensl.* **36**: 95-98.

Duong, T., A. Feurtet-Mazel, M. Coste *et al.* 2006. "Dynamics of diatom colonization process in some rivers influenced by urban pollution (Hanoi, Vietnam)", *Ecological Indicators* **7**: 839-851.

ESF (Ecosystems Sciences Foundation). 2006. *Well water quality in San Miguel de Allende. Phase I: Results and conclusions.*

Garfias J., I. Navarro de León, J. Mahlknecht *et al.* 2004. *Alternativas de gestión sustentable de recursos hídricos en un acuífero sometido a sobreexplotación, cuenca de la Independencia, Guanajuato, México.* IV seminario-taller. Protección de acuíferos frente a la contaminación: protección de la calidad del agua. Lima, Perú.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. *Cuaderno estadístico municipal de Allende, Guanajuato.*

Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. "2/1. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae", en H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig *et al.* (eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Germany, G. Fischer Verlag.

———. 1988. "2/2. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae. Epithemiaceae, Surirellaceae", en H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig *et al.* (eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Germany, G. Fischer Verlag.

———. 1991*a*. "2/3. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae", en H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig *et al.* (eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Germany, G. Fischer Verlag.

———. 1991*b*. "2/4. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*", en H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff *et al.* (eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Germany, G. Fischer Verlag.

Lobo, E. 1997. "Approaches for evaluation of river water pollution using epilithic diatom assemblages", *Diatom* **13**: 105-111.

———, K. Katoh y Y. Aruga. 1995. "Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan", *Freshwater Biology* **34**: 191-204.

——— y H. Kobayasi. 1990. "Shannon's diversity index applied to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa river system (Kanagawa Pref., Japan) and its use as an indicator of water quality", *The Japanese Journal of Phycology* **38**: 229-243.

Navarro de León, I. 2006. "Explotación y renovabilidad del agua subterránea en una cuenca semiárida del altiplano Mexicano", *Ciencia* UANL IX **4**: 375-382.

Ortega-Guerrero, A., J. Castellanos, R. Aguilar *et al.* 2012 "A conceptual model for increases of sodium, sar, alkalinity and pH at the Independence aquifer in Guanajuato", *Terra* **20**: 199-207.

Palacios, E. y C. López. 2005. *La sobreexplotación de las cuencas hidrológicas: el caso de la cuenca alta de Río de la Laja, Guanajuato.* Instituto Nacional de Ecología.

Patrick, R. y C.W. Reimer. 1966. *The Diatoms of the United States*, vol. I, "Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia", núm. 13. Pennsylvania.

Prygiel, J. 2002. "Management of the diatom monitoring networks in France", *Journal of Applied Phycology* **14**: 19-26.

Rushforth, R., I. Kaczmarska I. y J.R. Johansen. 1984. "The subaerial diatom flora of Thurston lava tube, Hawaii", *Bacillaria* **7**: 135-157.

UAQ (Universidad Autónoma de Querétaro). 2008. *Formación de una línea de base científica para el manejo integrado y desarrollo sustentable de la subcuenca específica Támbula-Picachos en San Miguel de Allende Guanajuato: propuesta técnica y económica.* Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. México.

ESTUDIO DE CASO

VULNERABILIDAD DEL NOGAL CIMARRÓN *Cedrela dugesii*, EN EL EJIDO DE HACIENDA ARRIBA, EN LEÓN

Martha Elena Romo García | Teresita del Carmen Gallardo Arroyo | Francisco Javier Romo García

El acelerado crecimiento de la ciudad de León ha generado una fuerte presión sobre los espacios o ecosistemas naturales que la circundan y que cuentan actualmente con vegetación nativa, la que sustenta, además, fauna silvestre que también ha visto disminuido su hábitat y ámbito hogareño. En los últimos años el aumento de la población y la demanda de viviendas dieron origen a la especulación de terrenos rústicos para el desarrollo inmobiliario. Tal es el caso de un predio rústico particular ubicado cerca de la comunidad de Hacienda Arriba a 3 km, aproximadamente, al oeste y a 15 km al norte de la ciudad de León, para el que se tenía planeado el cambio de uso de suelo agrícola y de vegetación natural, al de desarrollo urbano para vivienda de baja densidad y actividades de ecoturismo.

El desconocimiento de la vegetación existente en las partes altas de los lomeríos que circundan la ciudad, así como de la importancia biológica de las especies en el ecosistema, provoca que no se considere su conservación y se vea amenazada, tal es el caso del nogal cimarrón *Cedrela dugesii*. La especie se desarrolla en el bosque tropical caducifolio y sobre laderas con pendientes moderadas, sobre suelo pedregoso, somero y bien drenado. Esta especie se ha reportado para el estado en lugares con características ecosistémicas similares, Calderón de Rzedowski y Germán (1993) lo ubican al noreste de León, sobre la carretera a San Felipe, además de otros municipios del estado (Terrones *et al*., 2004). La madera de esta especie es utilizada como leña, para postes de cercos en varias comunidades, mangos para implementos agrícolas, manufactura de juguetes y artesanías de madera; la flor se considera como melífera y a la raíz y el tallo se les atribuyen propiedades medicinales.

Características generales del nogal cimarrón

Los árboles se caracterizan por presentar una altura de 2 a 8 m, troncos lisos de color gris en árboles jóvenes y una corteza fisurada en forma de placas rectangulares en tallas adultas. Las ramillas y hojas liberan un olor a ajo cuando se estrujan o se frota su superficie. Presentan pubescencia (pelos) fina y es suave al tacto, en ramas jóvenes, peciolos, peciólulos y hojas algunas veces son glabros o con pubescencia en las nervaduras por el envés de las hojas. Los foliolos presentan pubescencia en el haz y en el envés, haciéndose más evidente en el envés, así como en las nervaduras y en el margen. Las hojas son compuestas (paripinnadas) de tamaños variables que van desde los 10 hasta los 33 cm, incluyendo el peciolo; presenta de 3 a 6 pares de foliolos, ovados a lanceolados, con tamaños que van de 7.5 a 12.5 cm de largo y de 3.8 a 5.0 cm, el ápice es largamente acuminado y falcado, con base redondeada, oblicua, a veces cuneada o cordada. El borde del foliolo es ribeteado por un nervio fino y densamente blanco ciliolado. El fruto es una cápsula leñosa ovoboide de color café rojizo con lenticelas blancas, de 2.5 a 4.5 cm y de 1 a 2 cm de ancho, semillas elípticas de 2 cm de largo y de 5 mm de ancho (figuras 1-3).

Importancia de la especie

El nogal cimarrón es una especie de importancia ecológica que forma parte de la estructura del boque tropical caducifolio, vegetación característica de algunas áreas de los lomeríos que rodean al municipio de León. Además de la detección directa en los municipios de León e Irapuato, se ha colectado en: Atarjea, Acámbaro,

Romo García, M. E., T. D. C. Gallardo Arroyo y F. J. Romo García. 2012. "Vulnerabilidad del nogal cimarrón *Cedrela dugesii*, en el ejido de Hacienda Arriba, en León" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 254-258.

Guanajuato, Uriangato y Valle de Santiago, según datos obtenidos de los proyectos de la CONABIO K004, Q17 y AE13.

De acuerdo a lo reportado por Calderón de Rzedowski y Germán (1993), la distribución geográfica de esta especie está limitada y concentrada en el área que ocupa el bosque tropical caducifolio, el cual se extiende hacia Nuevo León, Guanajuato (estado del cual se describió el espécimen tipo), Querétaro y Michoacán. Es una especie que tiende rápidamente a la desaparición y sólo las poblaciones que existen en algunos malpaíses la salvan, en la actualidad, del peligro de extinción.

El bosque tropical caducifolio se ha visto diezmado a través de los años poniendo en peligro la supervivencia y abundancia de ésta y otras especies silvestres y el equilibrio del ecosistema, a tal grado que el nogal cimarrón está catalogado como una especie sujeta a protección especial (NOM-059 SEMARNAT-2010), por lo que deberá conservarse como parte de la riqueza natural. Los beneficios que brinda esta especie al ecosistema son: almacén de germoplasma, retenedor de suelo, control de la erosión, secuestro de carbono, regulador del clima, infiltración de agua al subsuelo, alimento para abejas a través de la floración y proporciona hábitat y alimento a diferentes especies de fauna silvestre.

Desde el punto de vista económico, la especie ha sido utilizada por las comunidades rurales como leña y para la elaboración de artesanías, juguetes y muebles. El nogal cimarrón se utilizó de manera importante durante los años de 1975-1978 en la localidad Tamaula, municipio de Irapuato (Francisco Laguna, comunicación personal), para hacer sillas; también se "chamuscaba" para hacer vigas utilizadas en la construcción de chozas de zacate, lo que dejó de hacerse en 1980. Como resultado de esta actividad la población del nogal en la zona se vio disminuida, quedando restringida su presencia en las cañadas de El Zapote y El León, en el cerro del Veinte en este municipio, y en la ladera sur del cerro de Arandas considerado como Área Natural Protegida.

En otros estados de la República Méxicana, como Michoacán, la madera del nogal cimarrón es muy apreciada para la fabricación de juguetes y curiosidades.



Figura 1. Características de tronco de nogal cimarrón (fotografía de Martha Elena Romo García).



Figura 2. Hoja paripinnada con 5 pares de foliolos (fotografía de Martha Elena Romo García).



Figura 3. Fruto cerrado y fruto abierto del nogal cimarrón (fotografía de Martha Elena Romo García).

Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica al norte de la ciudad de León, al oeste de la comunidad de Hacienda Arriba, en la región fisiográfica del Eje Neovolcánico, en la subprovincia Altos de Jalisco, y está comprendida dentro del sistema de topoformas de meseta con lomeríos suaves de los altos (SPP, 1980). La composición geológica de sus suelos es de rocas ígneas extrusivas del Terciario, del tipo basalto denominado Basalto Dos Aguas (IMPLAN, 1999). Las unidades de suelo presentes en el área corresponden al tipo Feozem háplico, Feozem háplico con Litosol. La topografía va desde lomerío a terreno montuoso, con pendientes entre 8 y 20%, con fase pedregosa y topografía de terreno con disección severa a terreno montañoso, con pendientes mayores de 20%. El clima, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García, es del tipo BS1hw (w) que corresponde al clima semiseco con lluvias en verano, con temperatura media anual entre 18 y 22 °C, presenta una precipitación anual de 600 a 800 mm (IMPLAN, 1999), siendo marzo el mes menos lluvioso y agosto el de lluvias más abundantes.

La zona está comprendida en la región hidrológica RH12, cuenca B río Lerma-Salamanca, subcuenca "E" río Turbio-Presa del Palote, microcuenca "A" El Palote-La Patiña. El cauce principal de la microcuenca es La Patiña-Hacienda Arriba. Los usos del agua son básicamente para riego, recreativo y pecuario. Los principales cuerpos de agua en la zona son el arroyo Piedras y arroyo Dos Aguas, los cuales conforman el arroyo Hacienda Arriba.

La vegetación natural observada en el área de estudio corresponde a un bosque tropical deciduo según Rzedowski (1966, 1981) a un bosque tropical caducifolio, también conocido como selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963). Este tipo de vegetación en el sitio de estudio se localiza desde los 1 993 a los 2 221 msnm, encontrándose en diferentes estados de conservación, atribuible al grado de accesibilidad al sitio. Las áreas de vegetación mejor conservadas corresponden a las de mayor pendiente, en donde el ganado vacuno y el hombre difícilmente pueden acceder.

Es en este sitio donde se ubicó la presencia del nogal cimarrón *Cedrela dugesii*, junto a árboles de otras especies como el encino *Quercus* sp., palo volatín (*Zuelania guidonia*), palo lechón (*Euphorbia fulva*), pochote (*Ceiba aesculifolia*) y cactáceas columnares como el pitayo (*Stenocereus queretaroensis*). En la forma arbustiva se encuentran, el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), granjeno (*Celtis pallida*), castinguiní (*Zaluzania augusta*), entre otras; en el herbáceo están, el sangregrado (*Jatropha dioica*), compuestas diversas, salvias (*Salvia* spp.), biznagas del género *Mammillaria*, sotol (*Dasylirion acrotriche*), epifitas (*Tillandsia usneoides*), gallitos (*Tillandsia* sp.), enredaderas y helechos (*Cheilanthes myriophylla*).

Debido al deterioro que ha presentado el tipo de vegetación original, se encuentran manchones donde predominan los nopales *Opuntia* spp., en otras, la combinación de palo dulce (*E. polystachya*), colorín (*Erythrina coralloides*), papelillo (*Bursera fagaroides*), *Myrtillocactus geometrizans*, *Celtis caudata*, acebuche (*Forestiera phillyreoides*) y casahuate (*Ipomoea murucoides*). Además, están presentes huizaches (*Acacia farnesiana, A. schaffneri*), tepame (*Acacia pennatula*), así como otras especies de compuestas, herbáceas y pastos. La determinación de las especies se realizó tomando como base las guías propuestas por Rzedowski y Calderón (1997*a,b*), Calderón de Rzedowski *et al.* (2001, 2004), Rzedowski y Guevara (1992), Fernández (1996), Arreguín *et al.* (1997), Pérez y Carranza (1999), De la Cerda (1999), y Terrones *et al.* (2004).

Los sitios donde se encontró al nogal cimarrón están ubicados a una altura aproximada de 2 124 msnm (UTM: X=216167, Y=2351281; X=216369, Y=2351328). La densidad y diversidad estimadas por hectárea a partir de los muestreos con cuadrantes se presentan en los apéndices 1 y 2. El inventario de las especies observadas en el área se presentan en el cuadro 1.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la especie *Cedrela dugesii* nogal cimarrón está catalogada como sujeta a protección especial (Pr) no endémica, el colorín (*Erythrina coralloides*) aparece con la categoría de especie amenazada (A), no endémica, y el sotol (*Dasylirion acrotriche*), aparece como amenazada (A), endémica.

Cuadro 1. Lista de especies vegetales presentes en el área de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de protección NOM-059-SEMARNAT-2010
Acanthaceae	*Tetramerium nervosum* Ness	Elotillo	No mencionada
Amaranthaceae	*Gomphrena serrata* L.	Cabezona	No mencionada
	Amaranthus hybridus L.	Quelite	No mencionada
	Iresine sp. P.Browne		No mencionada
Anacardiaceae	*Pistacia mexicana* Kunth.	Lentisco	No mencionada
Asteraceae	*Senecio salignus* DC.	Jarilla	No mencionada
	Baccharis salicifolia (Ruíz et Pavón) Pers.	Jara de río	No mencionada
	Senecio praecox (Cav.)DC.	Candelero	No mencionada
	Xantium strumarium L.	Chayotillo	No mencionada
	Zaluzania augusta (Lagasca)Schulz-Bip.	Castinguiní	No mencionada
	Verbesina pietatis McVaugh.	Pirimo amarillo	No mencionada
	Montanoa tomentosa Cerv.	Pirimo blanco	No mencionada
	Acourtia sp D.Don.		No mencionada
	Sanvitalia procumbens Lam.	Ojo de gato	No mencionada
	Zinnia peruviana (L.) L.	Mal de ojo	No mencionada
	Tajetes lunulata Ort.	Cinco llagas	No mencionada
	Heliopsis annua Hemsl.	Rosa amarilla	No mencionada
Asclepiadaceae	*Asclepias linaria* Cav.	Algodoncillo	No mencionada
Bombacaceae	*Ceiba aesculifolia* (Kunth.) Britten& Baker	Pochote	No mencionada
Burseraceae	*Bursera fagaroides* (HBK.) Engl.	Papelillo	No mencionada
	Bursera palmieri S.Watson	Copal	No mencionada
Bromeliaceae	*Tillandsia usneoides.* (L.) L.	Heno	No mencionada
	Tillandsia sp. L.	Gallitos	Habrá que determinar la especie para establecer su estatus
Cactaceae	*Opuntia* spp. (Tourn.) Mill.	Nopal	No mencionada
	Stenocereus queretaroensis Saff.	Pitayo	No mencionada
	Myrtillocactus geometrizans (Mart.)Console.	Garambullo	No mencionada
	Mammillaria politele	Biznaga	No mencionada
	Nyctocereus sp. (A.Berger) Britt.& Rose		No mencionada
Convolvulaceae	*Ipomoea murucoides* Roem &Shult	Casahuate	No mencionada
	Ipomoea purpuea (L.) Roth.	Campanitas	No mencionada
	Dichondra argentea Humb.& Bonpl.	Oreja de ratón	No mencionada
Commelinaceae	*Commelina dianthifolia* DC.	Hierba del pollo	No mencionada
	Commelina sp.L.	Hierba del pollo	No mencionada
	Tinantia erecta (Jacq.) Schlecht.	Hierba del pollo	No mencionada
Cucurbitaceae	*Sicyos mycrophyllus* H.B.K.	Zarza	No mencionada

Conclusión

No obstante que la vegetación nativa existente en las áreas rurales del municipio de León se ha visto afectada a través de los años por las actividades antropogénicas relacionadas con la agricultura y el pastoreo, y recientemente por el fuerte avance del desarrollo urbano, aún se encuentran sitios que conservan elementos indicativos de la riqueza de especies de la vegetación original, mismos que en su momento deberán de protegerse a través de proyectos que integren a la flora nativa y programas de rescate y protección de la misma. En este caso particular, por el momento, el sitio donde se ubicó al nogal permanecerá sin ningún cambio, por lo que el estado de la vegetación y la diversidad no se verá afectada, sin embargo, en virtud de que en tiempos futuros pudieran ocurrir cambios de usos de

suelo en el área, es fundamental informar y dar a conocer a los propietarios y habitantes la importancia que tiene conservar la vegetación nativa y en especial el nogal cimarrón, con la finalidad de preservar el germoplasma de la especie y su función dentro de ecosistema que forma el bosque tropical caducifolio.

Literatura citada

Arreguín, S.M.L., L.G. Cabrera, N.R. Fernández *et al.* 1997. *Introducción a la flora del estado de Querétaro.* México, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad de Chapingo (UACH).

Calderón de Rzedowski, G. y M.T. Germán. 1993. "Familia Meliaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 11.

———, J. Rzedowski *et al.* 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*, 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C. (Inecol)/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

———, y J. Rzedowski. 2004. "Manual de Malezas de la Región de Salvatierra, Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario 20.

De la Cerda, L.M. 1999. *Cactáceas de Aguascalientes*. México, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Fernández, N.R. 1996. "Familia Rhamnaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 43.

Implan. (Instituto Municipal de Planeación). 1999. *León hacia el futuro. Plan Estratégico de Ordenamiento Ecológico: fase descriptiva*. Presidencia Municipal de León, Gto., pp. 87-118.

Pérez, C. y E. Carranza. 1999. "Familia Ulmaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 75.

Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México.* México, Limusa.

———, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1997*a*. "Familia Campanulaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 58.

——— J. y G. Calderón de Rzedowski. 1997*b*. "Familia Leguminosae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 51.

———, J. y F. Guevara. 1992. "Familia Burseraceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 3.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1980. *Síntesis Geográfica del Estado de Guanajuato y Anexo Cartográfico.*

Terrones, R.T. del R., C. González y S.A. Ríos. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

LA MADERA DE ENCINO EN LA SIERRA DE SANTA ROSA: POSIBILIDADES DE USO EN PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO

Juan Quintanar Olguín

Las especies del género *Quercus*, conocidas comúnmente con el nombre genérico de encinos, conforman el segundo grupo de vegetación más abundante en el país después de los pinos, aunque no reflejan su importancia en la producción nacional forestal ya que históricamente han representado sólo 8% de la producción maderable. Para el caso de la Sierra de Santa Rosa, la vegetación principal es el bosque de encino, con una cobertura de 60 a 80%, donde destaca florísticamente el género *Quercus* (cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de encinos reportados en la Sierra de Santa Rosa.

Tipo	Especies
Encinos rojos	*Quercus aristata* Hook *Quercus castanea* Née *Quercus coccolobifolia* Trel. *Quercus crassipes* Humb. et Bonpl. *Quercus durifilia* von Seemen ex Loes *Quercus eduardii* Trel. *Quercus laurina* Bonpl. *Quercus sideroxyla* Bonpl
Encinos blancos	*Quercus laeta* Liebm. *Quercus microphylla* Née *Quercus obtusata* Bonpl. *Quercus potosina* Trel. *Quercus repanda* Bonpl. *Quercus resinosa* Liebm. *Quercus rugosa* Née

Fuente: Martínez-Cruz y Téllez (2004).

De acuerdo a Martínez-Cruz *et al.* (2009), en la Sierra de Santa Rosa se distinguen cuatro asociaciones de encinos: *a*) *Quercus coccolobifolia-Quercus potosina*. Esta asociación se desarrolla dentro de un gradiente altitudinal de 2 000 a 2 600 m, en sitios con elevada exposición solar, sobre afloramientos rocosos, con una distribución muy restringida; *b*) *Q. laurina-Q. rugosa*. Se distribuye de manera muy limitada, principalmente en las partes más altas y húmedas del área (2 600-2 750 m de altitud), en pendientes mayores de 30°. El estrato arbóreo de esta asociación es el más alto registrado para la Sierra de Santa Rosa, ya que puede alcanzar hasta 25 m; *c*) *Q. potosina-Q. castanea*. Esta asociación vegetal es la de mayor distribución en la Sierra de Santa Rosa, y se presenta entre los 2 300 a 2 600 msnm, sobre pendientes de hasta 30°. Destacan los individuos de *Q. potosina*, ya que alcanzaron el mayor valor de diámetro a la altura de pecho (dap) (30 cm), y *d*) *Q. potosina-Q. eduardii*. Se encontró en pequeñas franjas entre los 2 400-2 500 msnm, sobre pendientes de más de 30° o en pequeñas mesetas. El estrato arbóreo presenta alturas cercanas a los 15 m, en el cual *Q. potosina* es la especie que desarrolla los individuos de mayor altura. En general, la madera de los encinos, a pesar de ser la madera "preciosa" de la vegetación de clima templado frío, es poco utilizada en productos de alto valor agregado. La falta de aprovechamiento racional radica tanto en el desconocimiento de sus características como en la dureza de su madera que genera problemas para procesarla. Un inconveniente para transformar la madera de encino a nivel industrial en productos de alto valor agregado es que todas las especies de encino son agrupadas como el "grupo de encinos". Sin embargo, existen dos grandes grupos: los encinos blancos y los encinos rojos, con características y propiedades específicas que hacen que tengan un comportamiento tecnológico diferente. Estas características son descritas a continuación:

Encinos rojos. La madera no tienen un olor característico y el sabor puede ser de ligeramente amargo o astringente. La albura (madera más cercana a la corteza) es de color blanco a rosa, a veces castaño rojizo claro, el duramen (porción central del tronco) varía de rosa a castaño rojizo oscuro con tintes rojizos. El veteado o

Quintanar-Olguín, J. 2012. "La madera de encino en la sierra de Santa Rosa: posibilidades de uso en productos de alto valor agregado" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 259-261.

figura es pronunciado, la textura es gruesa y el hilo recto. La porosidad es circular, pero es posible encontrar otros tipos de porosidad. En los vasos del duramen no existen tílides o son muy escasas. El parénquima (uno de los tejidos de soporte) y los radios no contienen cristales de oxalato de calcio, o si están presentes son escasos de forma romboidal. Las fibras contienen abundantes taninos. La madera es de pesada a muy pesada, sus contracciones son de altas a muy altas (17 a 22%) y varía de dura a muy dura. Las propiedades en flexión son de flexibles a rígidas; la compresión paralela de poco resistente a muy resistente. La compresión perpendicular es de resistente a muy resistente.

Encinos blancos. La madera no tiene un olor característico y el sabor puede ser ligeramente amargo o ácido. La albura es de color blanco a castaño claro o castaño grisáceo; el duramen, de castaño claro a castaño oscuro o castaño grisáceo. El veteado es pronunciado, la textura es gruesa y el hilo recto. La porosidad es difusa, pero es posible encontrar otros tipos de porosidad. Los vasos del duramen contienen abundantes tílides. El parénquima y los radios presentan abundantes cristales de oxalato de calcio de forma romboidal. Las fibras contienen taninos. La madera se clasifica como pesada a muy pesada, con contracciones muy altas, y varía de dura a muy dura. Las propiedades mecánicas en flexión son rígidas; en compresión paralela de resistente a muy resistente y en compresión perpendicular de resistente a muy resistente.

De acuerdo a las características de la madera de encinos, para obtener madera aserrada de las especies como: *Quercus castanea*, *Q. crassifolia, Q. coccolobifolia, Q. durifolia y Q. laurina* (encinos rojos), y *Q. obtusata* y *Q. rugosa* (encinos blancos) de la zona, se deben usar sierras banda con dientes recubiertos de estelita 12 (Flores *et al*., 2001). La cantidad de cenizas presente en las especies *Quercus coccolobifolia, Q. durifolia* (encinos rojos) y *Q. rugosa* (encino blanco) no es una limitante para su corte, ya que contienen menos de 0.5% de cenizas, que es el valor medio sobre el cual pueden presentarse problemas en las herramientas por rápido desafilado (Bautista y Honorato, 2005).

El secado de la madera puede realizarse mediante el uso de secadores solares, obteniéndose una buena calidad y optimizando el proceso. Estas maderas pueden utilizarse sin preservantes aproximadamente durante 24 meses en contacto directo con el suelo, ya que en este periodo alcanzan una *degradación moderada* y aún es posible aumentar su vida útil mediante el uso de algún tratamiento de preservación (Vázquez *et al*., 2001).

El comportamiento de la madera de *Quercus affinis* y *Q. crassifolia* de esta zona, ante máquinas y herramientas presenta excelentes características en el torneado, barrenado y lijado, y muy buenas en el moldurado, por lo que es posible recomendar su uso en la elaboración de productos de alto valor agregado, por ejemplo, en decoración de interiores y muebles (Flores *et al*., 2001).

La madera de encinos, como *Quercus coccolobifolia, Q. durifolia* (encinos rojos) y *Q. rugosa* (encino blanco), al tener un pH ligeramente ácido (3.9 a 5.2) podría generar algunos problemas en la adhesión y acabado de la madera, así como en los conectores metálicos que se usan en las construcciones con madera (Bautista y Honorato, 2005). Estas maderas pueden ser utilizadas para elaborar productos que no utilicen elementos metálicos.

En relación con el uso de los otros componentes de la madera de encinos, como los taninos, el rendimiento que se obtiene no es suficiente para alcanzar un aprovechamiento comercial en curtiduría, donde se exige de 7 a 10%. Sin embargo, los valores presentes de taninos en los encinos blancos de la región son recomendados para utilizarse en el añejamiento de bebidas alcohólicas.

En Guanajuato, la madera de los encinos es utilizada en la fabricación de carbón y llega a representar 78% de toda la madera de encino aprovechada, sin embargo, esta actividad es la de menor valor económico. Así, tal disparidad incrementa el uso intensivo y extensivo de estos bosques, lo que puede llevar a un deterioro aún más severo del que se observa en este tipo de vegetación.

Literatura citada

Bautista, H.R. y J.A. Honorato. 2005. "Composición química de la madera de cuatro especies del género *Quercus*", *Ciencia Forestal en México* **30**: 25-49.

Flores V.R., M.E. Fuentes y J.O. Quintanar. 2001. "Desafilado de sierras banda en el aserrío de encinos", *Ciencia Forestal en México* 26: 55-72.

Martínez-Cruz, J. y O.V. Téllez. 2004. "Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 31-49.

———, O.V. Téllez y G. Ibarra-Manríquez. 2009. "Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **80**: 145-156.

Vázquez, S.L., J.A. Honorato y F. Zamudio. 2001. "Durabilidad natural en área cementerio de siete especies de encino del estado de Guanajuato", *Ciencia Forestal en México* **26**: 45-60.

Usos potenciales de las plantas en tres áreas protegidas del estado de Guanajuato

Gabriela Gutiérrez | Ma. Elena Siqueiros Delgado | Héctor E. Rodríguez Chávez
Margarita de la Cerda Lemus | Eleazar Carranza González

Introducción

El conocimiento de la biodiversidad de cualquier lugar es prioritario para establecer las estrategias de conservación y el mantenimiento y uso de sus recursos naturales, por lo tanto, los inventarios son el fundamento para cualquier proyecto sobre biodiversidad o ecología. No obstante, en los últimos años, con la revolución tecnológica, pasaron a un segundo plano. La actual pérdida de biodiversidad ha evidenciado nuevamente la necesidad de los inventarios básicos para la evaluación continua de los recursos naturales de una región. Asimismo, la creación de zonas naturales sujetas a protección ha surgido como una respuesta a este problema con el objetivo de conservar la biodiversidad y el mantenimiento de esas áreas con el menor grado de perturbación, pero con posibilidad de uso público.

Guanajuato es uno de los estados que ha visto deteriorado su entorno de manera acelerada en los últimos años, debido al inadecuado uso y manejo de sus recursos naturales. Con el objetivo de determinar los usos potenciales de su flora y proponer algunas alternativas a los habitantes de dicha región, se realizó un inventario florístico de tres áreas naturales protegidas del estado: lago cráter La Joya, clasificada como Parque Ecológico en 2001 (*pogeg*, 2001*b*), la laguna de Yuriria y su zona de influencia, declarada como Área Natural Protegida dentro de la categoría de restauración Ecológica (*pogeg*, 2001*a*) y el cerro Los Amoles declarada en la categoría de uso sustentable (*pogeg*, 2004).

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres sitios diferentes, descritos a continuación.

Cerro Los Amoles

El cerro Los Amoles se localiza al sur del estado de Guanajuato en los municipios de Yuriria y Moroleón (20º02'48.57'' latitud N y 101º19'50.91'' longitud O). Posee una superficie de 6 987 ha y se encuentra en un rango altitudinal que varía entre los 2 830 m, en la cima, y 1 900 m en la comunidad de El Moral.

Colinda al norte con las comunidades: El Moral, El Moralillo y San Isidro Calera, del municipio de Yuriria; La Ordeña, Las Peñas y Presa de Quiahuyo, del municipio de Moroleón; al sur con las comunidades de Cerécuaro y San Felipe, del municipio de Yuriria; Corrales del estado de Michoacán; Amoles, La Loma y Piñicuaro, del municipio de Moroleón; al oeste con las comunidades de Aragón, Las Mesas y Cerano, del municipio de Yuriria.

Comprende dos zonas climáticas: al norte es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual mayor de 18 ºC; y al sur se caracteriza por un clima templado subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura promedio anual entre 16 y 18 ºC, y precipitación media anual de 697.35 mm.

El terreno es montañoso y de naturaleza volcánica, se registran elevaciones como la del cerro Los Amoles, cerro de la Cucuna y el cerro de las Tetillas, en cuyas elevaciones nacen varios ojos de agua y manantiales. El sustrato geológico está constituido por riolitas y tobas ácidas. También se observa la presencia de fallas y estructuras que contribuyen a la recarga del acuífero Ciénega Prieta-Moroleón, actualmente sobreexplotado al permitir el flujo vertical del agua de lluvia (*pogeg*, 2006). Los suelos dominantes son arcillosos (tex-

Gutiérrez, G., M. E. Siqueiros Delgado, H. E. Rodríguez Chávez, *et al.* 2012. "Usos potenciales de las plantas en tres áreas protegidas del Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 262-265.

tura fina), aptos para prácticas de agricultura limitada. El tipo de vegetación dominante en esta zona es bosque de encino, con cuatro especies del género: *Quercus castanea, Q. obtusata, Q. rugosa* y *Q. uxoris.* Asimismo, es hábitat de más de 120 especies de aves.

Laguna de Yuriria y su zona de influencia

Se localiza al sur del estado, en los municipios de Yuririra, Valle de Santiago y Salvatierra (20º18'37'' latitud N y 101º6'52'' longitud O). Este embalse se extiende desde la orilla de la ciudad de Yuriria en dirección norte y comprende una superficie mayor a 58 907 km^2. Recibe agua del río Lerma y del dren La Cinta, cuyo afluente principal es el río Moroleón, alimentado con los arroyos Los Sauces, Santa María, Eménguaro y Puquichapio, además son afluentes de la laguna otros arroyos que bajan a la Ciénega de Cimental.

La laguna se localiza dentro de una zona montañosa de naturaleza volcánica, mientras los suelos dominantes presentan una textura arcillosa. El clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura anual mayor a 18 ºC, con una precipitación promedio anual de 714 mm.

El tipo de vegetación es principalmente matorral subtropical en distintos grados de alteración debido a la ampliación de las áreas agrícolas y el sobrepastoreo. También se presenta el matorral espinoso, formado principalmente por especies del género *Acacia* (POGEG, 2005).

Lago Cráter La Joya

Se localiza al sureste de la cabecera municipal de Yuriria (20º10'17'' latitud N y 101º7'43'' longitud O). Colinda al norte con el cerro del Coyoncle y con la zona urbana de Yuriria, al sur con el cerro del Capulín y la comunidad de Poruyo y el cerro de Poruyo; al este con el cerro de Santiago, y al oeste con las comunidades del Granjenal, San Francisco de la Cruz, Parangarico y San Cayetano (POGEG 2001*b*). Su principal elemento natural es el propio lago cráter, que forma parte de la ruta migratoria del centro del país y, conjuntamente con la laguna de Yuriria, es hábitat de aves migratorias.

Materiales y métodos

Se realizaron 13 salidas de campo para la colecta de los especímenes vegetales y se llevaron a cabo 60 entrevistas verbales a los habitantes de los tres sitios de estudio, con el fin de obtener información fidedigna de los usos que tradicionalmente se han dado a las plantas de la región. Las entrevistas consistieron en preguntas sencillas y concretas, como nombre común de la planta, sus usos, parte usada y forma de uso. Además, se identificaron las especies vegetales con base en bibliografía especializada (Calderón de Rzedowski y Rzedowsky, 1990; McVaugh, 1984, 2001; Espejo y López-Ferrari, 1993, 1994; García, 1995, 1998, 1999*a, b;* Pennington y Sarukhán, 1998).

Resultados

Durante el desarrollo del proyecto se colectaron un total de 590 plantas en las tres áreas naturales, correspondiente a 354 especies en 87 familias (apéndice 1), de las cuales, 192 presentaron algún tipo de uso regional o potencial (apéndice 2). Mediante las encuestas a los habitantes del lugar, se determinaron 21 usos regionales diferentes que se dan a las plantas en estas zonas (cuadro 1).

De acuerdo con el cuadro 1, las plantas más usadas con uso medicinal son el árnica (*Haplopappus spinulosus*), el palo amarillo (*Euphorbia fulva*), la aceitilla (*Bidens pilosa*) y la cinco llagas (*Tagetes lunulata*). Otros usos detectados son: 1. el artesanal, para la elaboración de sombreros, canastas y tapetes (*Salix* sp. y *Typha latifolia*), para elaborar mangos para bates de beisbol y cabos de azadón (*Conzattia multiflora*), o bases para macetas (*Manihot caudata*); 2. para cercas vivas (*Bursera fagaroides, Ceiba aesculifolia* y *Erythrina falbelliformis*); 3. para cosméticos como shampoo (*Loeselia mexicana*) o evitar la caída de pelo (*Jatropha dioica*); 4. para bajar de peso (*Crataegus* sp. *y Rhus pachyrhachis*); 5. para lavar ropa *(Manfreda gutatta* y *Curcubita foetidissima*); o 6. para picaduras de alacrán (*Croton ciliatoglandulosus*), entre otros.

Algunas plantas presentan usos múltiples: el palo amarillo (*Euphorbia fulva*) es utilizado

Cuadro 1. Usos registrados de especies vegetales nativas de la zona de lago Cráter La Joya, laguna de Yuriria y cerro Los Amoles.

Alucinógena
Aromatizante
Artesanal: sombreros, tapetes, cestos, mango para bats de base-ball, cabos de azadon, base de macetas
Bajar peso
Cercas vivas
Comestible
Cortina rompevientos
Cosmetología
Fibra
Fitorremediador*
Formador de césped
Forraje de emergencia
Forrajera
Hechicería
Lavar ropa
Leña y carbón
Medicinal
Melíferas*
Ornamentales
Sellar ponchaduras
Uso industrial*

Los asteriscos indican usos encontrados en la literatura.

contra el dolor de reumas o fracturas, además, su látex es utilizado para sellar ponchaduras; el sauce (*Salix* sp.) es usado con fines medicinales para la tos, mientras las fibras se usan para tejer sombreros, petates, canastas o sopladores. Dentro de los ejemplares vegetales con otros usos interesantes destacan, por ejemplo, el uso del pirul (*Schinus molle*) en hechicería, el copal (*Bursera* spp.) como aromatizante o el floripondio (*Brugmansia* sp.) como anestésico.

Por otra parte, se determinó que las zonas estudiadas presentan un potencial como áreas melíferas. De acuerdo al tipo de vegetación que presentan (matorral subtropical) y la situación de perturbación del lago cráter y la laguna de Yuriria, esta zona presentó una gran cantidad de especies melíferas, que podrían dar un buen rendimiento en las colmenas (apéndice 3).

Conclusiones

A pesar de que algunos pobladores de los tres sitios de estudio usan todavía algunas plantas que tienen en su entorno, la transmisión del conocimiento empírico de los usos de las plantas nativas se está perdiendo en las nuevas generaciones. Los usos tradicionales de las plantas autóctonas de regiones marginadas pueden ofrecer una alternativa a la población para mejorar sus niveles de vida, mediante el conocimiento y la utilización sustentable de los recursos vegetales de su entorno y la implementación de estrategias que permitan el manejo adecuado y la conservación de sus recursos. Por lo tanto, es necesario emprender acciones para mantener el conocimiento acerca de las especies y conservar la biodiversidad de la región.

De acuerdo con los resultados de este estudio, se identificaron tres alternativas de trabajo para los habitantes de la zona de acuerdo a tres tipos de usos: artesanal, ornamental y melífero (apéndice 3). Con base en esta información será posible establecer sitios de mayor importancia para el manejo y la conservación de las especies vegetales en el estado de Guanajuato.

Literatura citada

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 1990. “Iridaceae”, en J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski (eds.), *Flora fanerogámica del Valle de México.* Instituto de Ecología, A.C. (Inecol) y Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO).

Espejo, S.A. y A.R. López-Ferrari. 1993. *Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística I.* Lista de referencia. Parte II. Anthericaceae, Araceae, Arecaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae y Asteliaceae. México. CONABIO/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Iztapalapa.

———. 1994. Las monocotiledóneas mexicanas, Una sinopsis florística, I Lista de referencia. Parte III. Bromeliaceae, Calochortaceae y Cannaceae. México. CONABIO/UAM.

García, R.G. 1995. *Plantas medicinales de uso tradicional en Aguascalientes*. Gobierno del Estado de Aguascalientes. Oficina de Coordinación de Asesores.

———. 1998. "La familia Loranthaceae (injertos) del estado de Aguascalientes, México", *Polibotánica* **7**: 1-14.

———. 1999*a*. *Plantas Medicinales de Aguascalientes*, 2ª ed. México, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

———. 1999*b*. *Plantas Medicinales de San José de Gracia, Aguascalientes*. México, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

McVaugh, R. 1984. "*Compositae*", en W.R. Anderson (ed.), *Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*, vol. 12. Ann Arbor, Michigan, The University of Michigan Press.

———. 2001. "Ochnaceae to Losaceae", en Flora Novo-Galiciana: A descriptive account of western Mexico, vol. 3. Ann Arbor, Michigan, The University of Michigan Press.

Pennington, T.D. y J. Sarukhán. 1998. *Árboles tropicales de México*. México, Fondo de Cultura Económica (FCE), pp. 350-352.

POGEG *(Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato)*. 2001*a*. Decreto de la ANP Laguna de Yuriria y su zona de influencia, núm. **91**: 10-17.

———. 2001*b*. Decreto de la ANP Lago Cráter La Joya, núm. **16**: 1622-1630.

———. 2004. Decreto de la ANP, segunda parte. Cerro de Los Amoles, núm. 74: 2-28.

———. 2005. Programa de Manejo de la Laguna de Yuriria y su zona de influencia. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, núm. **188**: 84-100.

———. 2006. Programa de Manejo del Área Natural Protegida "Cerro de los Amoles". Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, *núm*. **136**: 31-49.

USO DE LAS PLANTAS CON PROPIEDADES MEDICINALES EN CINCO ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Ricardo Rincón Rodríguez | Josefina Guerrero Villalobos

El hombre ha mantenido un íntimo contacto con las plantas y los animales para su subsistencia, lo que le ha permitido acumular un rico acervo de conocimientos de las especies que utiliza; esto es particularmente notorio en las áreas rurales, donde se cultivan y se recolectan las plantas. Sin embargo, se estima que la validación química, farmacológica y biomédica de los principios activos que contienen se ha llevado a cabo sólo en 5% de estas especies (Oceguera *et al.*, 2005).

En la presente investigación es evaluado el uso de las plantas con propiedades medicinales por parte de los habitantes de las cinco Áreas Naturales Protegidas con mayor diversidad del sureste del estado de Guanajuato, a saber: Cuenca Alta del Río Temascatío, Región Volcánica Siete Luminarias, Laguna de Yuriria y su zona de influencia, Cerro Los Amoles y Sierra de los Agustinos (figura 1).

La investigación está basada en los Programas de Manejo de las áreas protegidas (GEG, 1998, 2002, 2004, 2005, 2006) en el cual se mencionan las especies con uso medicinal y el manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato, el cual es básicamente un inventario de las especies de plantas vasculares que crecen en forma silvestre en los municipios de Salvatierra y Santiago Maravatío, parte de los de Acámbaro, Celaya, Cortazar, Tarimoro y Yuriria (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004).

De acuerdo con el método de la investigación, se realizaron inventarios de las zonas de mayor interés biológico de las áreas protegidas, en donde se colectaron las muestras de las especies con el apoyo de los habitantes de las comunidades, quienes indicaban las que para ellos tienen uso medicinal. La colecta de las plantas fue necesaria para su identificación taxonómica y registro fotográfico; además, se elaboraron fichas técnicas con la ubicación con coordenadas geográficas, la abundancia de la especie y el tipo de asociación vegetal. También, se aplicaron encuestas etnobiológicas para documentar los usos, la aplicación y administración terapéuticas y otras indicaciones de las especies en la medicina tradicional, como las diversas formas de preparación de las partes vegetativas.

Los resultados se presentan en el cuadro 1, en donde se detallan las especies encontradas por área natural, especificando su nombre común y científico, la familia a la que pertenece cada planta, el uso que se le da, la parte de la planta que se usa, así como la forma de uso.

La mayoría de las plantas se usan para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales y otras relacionadas con el aparato digestivo, seguido por los padecimientos de la piel y el sistema respiratorio como tos, gripa, etcétera. Respecto a su uso específico, se encontró que 67% de las especies son para un uso particular y 29% para más de un padecimiento. En cuanto a la preparación, predomina el cocimiento de la planta para ser ingerida, pocas veces se ingiere en su forma fresca. En la mayoría de los casos se emplea más de una parte de la planta (77%), aunque se usa sólo una parte en 23% de los casos.

Asimismo, se seleccionaron las especies más representativas por zona, cuyas muestras se llevaron al laboratorio del Cinvestav, donde se desarrollaron los análisis de fitoquímica para comprobar sus principios activos.

Los análisis se realizaron por medio de cromatografías de capa fina (TLC), principalmente en sílica gel. Fueron desarrolladas y reveladas de acuerdo a los métodos establecidos para los diversos tipos de productos químicos naturales más comunes (Wagner y Blandt, 1996). En el cuadro 2, se describen los resultados obtenidos.

Este trabajo contribuye al conocimiento del uso de las plantas en la medicina tradicional en

Rincón Rodríguez, R. y J. Guerrero Villalobos. 2012. “Uso de las plantas con propiedades medicinales en cinco Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 266-273.

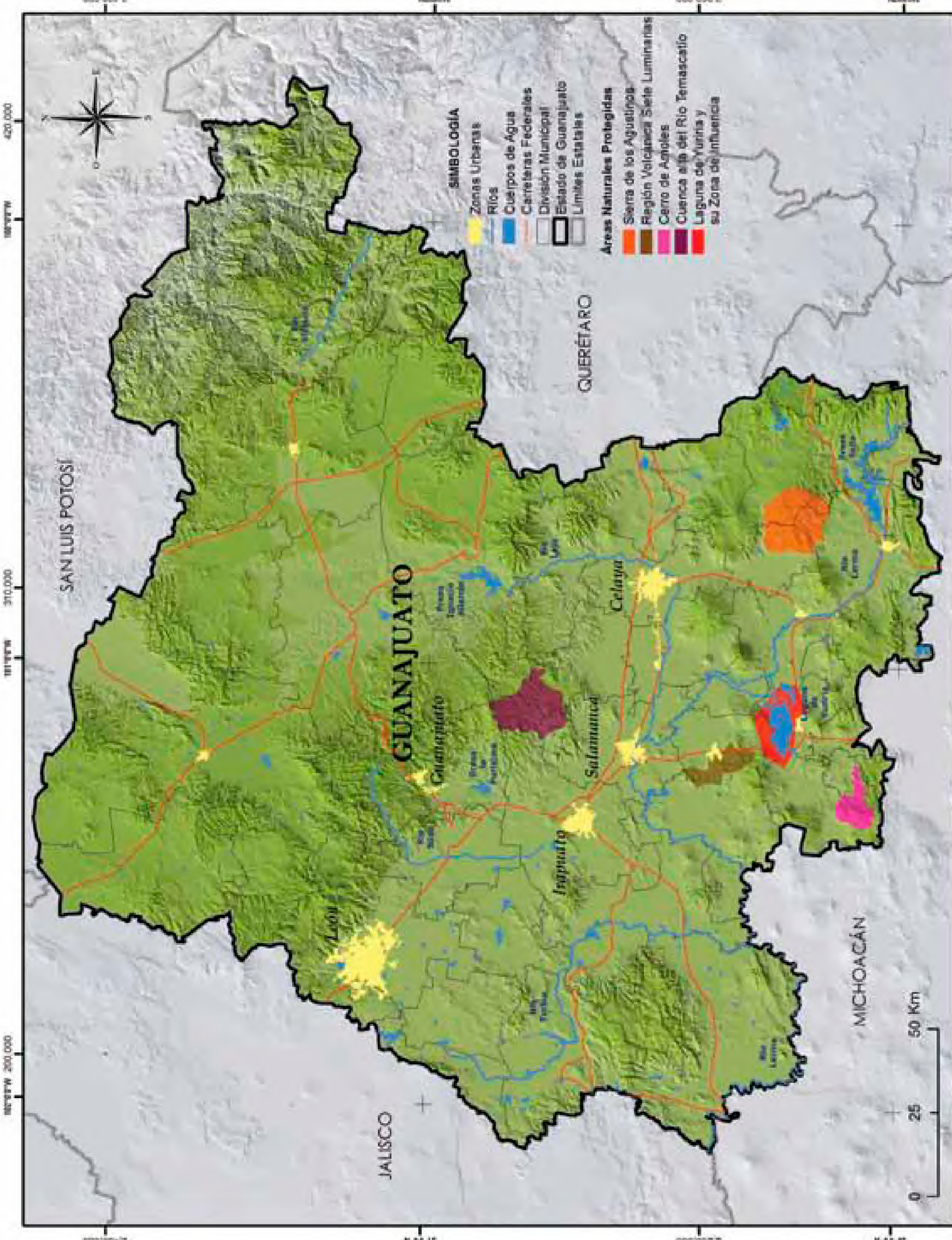


Figura 1. Localización de las zonas de estudio.

4 Capítulo

Cuadro 1. Especies encontradas por área natural y sus características de acuerdo con el uso.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Uso
1	Aceitilla	*Bidens pilosa* L.	Compositae	Antidiabética
2	Anisillo	*Tagetes filiifolia* Lag.	Compositae	Cólicos
3	Árnica	*Heterotheca inuloides* Cass.	Compositae	Úlceras, quemaduras, cortaduras, infecciones
4	Casahuate	*Ipomoea murucoides* Roem. et Schult.	Convolvulaceae	Contra piquetes de animales ponzoñosos
5	Cicua lila	*Plumbago pulchella* Boiss	Plumbagiaceae	Granos de la piel
6	Cinco negritos	*Lantana camara* L.	Verbenaceae	Reumatismo
7	Congora /hierba tinta	*Phytolacca icosandra* L.	Phytolaccaceae	Laxante
8	Copal rojo	*Bursera gracilis* (Engl)	Burseraceae	Tranquilizante
9	Doradilla	*Selaginella rupestris* (SprIng)	Selaginellaseae	Infecciones de hígado
10	Empanadilla	*Commelina coelestis* (Willd)	Commelinaceae	Hemorragias
11	Enchiladota	*Croton ciliatoglandulifer* Ort.	Euphorbiaceae	Detiene el flujo menstrual
12	Encino	*Quercus rugosa* Née	Fagaceae	Cicatrizar
13	Espinosilla	*Loeselia mexicana* (Lam.) Brand.	Polemoniaceae	Antiséptico, tos, caída del pelo
14	Estrellita	*Milla biflora* Cav.	Liliaceae	Febrífugo
15	Eucalipto	*Eucalyptus globolus* L.	Myrtaceae	contra la tos
16	Fraile	*Thevetia thevetiodes* (Kunth) Schumann	Apocynaceae	Bajar la presión
17	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans* (Mart.) Console	Cactaceae	Contraveneno, antihistamínico
18	Gatuño	*Mimosa polyantha* Benth.	Leguminosae	Reumatismo
19	Golondrina	*Euphorbia prostrata* (Ait)	Euphorbiaceae	Contra mezquinos y herpes
20	Granjeno	*Celtis pallida* Torr.	Ulmaceae	Dolor de cabeza
21	Gordolobo	*Gnaphalium oxiphylum* DC.	Compositae	Antiséptico, diabetes
22	Helecho	*Polypodium filix-mas* L.	Polypodiaceae	Laxante, expectorante
23	Hierba anis	*Tagetes micrantha* Cav	Compositae	Cólicos
24	Hierba del angel	*Ageratum corybosum* Zuccagni	Compositae	Quitar calambres
25	Hierba del cáncer	*Castilleja tennuiflora* Marth & Gal.	Scrophulariaceae	Antitumoral, impotencia sexual
26	Hierba del Pollo	*Commelina tuberosa* L.	Commelinaceae	Hemostático
27	Hierba del sapo	*Eryngium heterophylum* Engelm	Umbelliferae	Artritis y aligerar la sangre
28	Hierba del venado	*Porophyllum gracile* (Benth)	Compositae	Flatulencia
29	Hierba mora	*Solanum nigrum* Marth & Gal.	Solanaceae	Tranquilizante
30	Higuerilla	*Ricinus communis* L.	Euphorbiaceae	Estreñimiento
31	Huizache	*Acacia farnesiana* (L) Willd.	Leguminosae	Comezón, antiséptico
32	Injerto	*Phoradendron tomentosum* (DC:) Engelm.	Loranthaceae	Cicatrizante
33	Injerto	*Psittacathus americanus* (Jack)	Loranthaceae	Problemas pulmonares
34	Jarilla	*Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pavón) Pers.	Compositae	Antirreumático
35	Limoncillo	*Dalea citriodora* Willd	Leguminosae	Estómago
36	Llantén	*Plantago galeottiana* Dcne	Plantaginaceae	Contra veneno/infección estomacal
37	Mal de ojo	*Zinnia elegans* Jacq	Compositae	Febrífugo
38	Manto	*Ipomoea violacea* L.	Convolvulaceas	Facilitar el parto

Parte usada	Forma de uso	Laguna de Yuriria	Región Volcánica Siete Luminarias	Cerro de los Amoles	Sierras de los Agustinos	Cuenca Alta Río Temascatio
Hojas y tallos	Infusión		X	X		X
Partes aéreas	Infusión		X			
Tallo, hoja y flor	Infusión, baños.	X	X			X
Hoja y flor	Untado directo	X	X	X		X
Las hojas	Cocción y directo	X	X			
Parte aérea	Directo		X			
Hojas y raíz	Infusión		X			
Resina	Se quema	X		X		
Toda la planta	Infusión				X	X
Partes aéreas	Directo	X				
Parte aérea	Infusión	X				
Corteza	Cocción y aplicación externamente			X	X	
Parte aérea	Infusión		X			
Tallo/flor	Infusión			X	X	X
Hojas y fruto	Infusión		X			
Fruto	Fruto fresco	X	X	X		
Fruto, flor y tallo	Directo en piquetes, urticaria y co-mezones	X				
Tallos frescos	Infusión	X				
Parte aérea	Látex. Directo		X	X		
Hojas	Molida, directo					X
Tronco	Infusión		X	X		
Rizomas o raíces	Infusión	X		X		X
Tallos, hojas y flores	infusión				X	
Flor y hoja	Infusión				X	X
Parte aérea	Infusión		X	X		
Tallo y raíz	Fresca sobre la herida	X				X
Parte aérea	Infusión				X	
Toda la planta	Cruda o en infusión					X
Fruto y hoja	Infusión			X		
Semilla	Semillas directo (muy peligrosa)	X		X		
Hojas y semillas	Cocción				X	
Parte aérea	Infusión			X		
Parte aérea	Infusión	X				X
las hojas y tallos	Infusión			X		
Baja la fiebre	Infusión					X
Parte aérea	Infusión					X
Flor/Hoja	Infusión	X				
Hojas y semillas	Infusión				X	

Cuadro 1. Especies encontradas por área natural y sus características de acuerdo con el uso.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Uso
39	Maravilla	*Mirabilis jalapa* L.	Nyctaginaceae	Diabetes
40	Maravilla blanca	*Mirabilis longiflora* L.	Nyctaginaceae	Contra la comezón en piel
41	Mezquite	*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd M.C. Johnston	Leguminosae	Antiséptica/Hongos
42	Ojo de pollo	*Sanvitalia procumbens* Lam	Compositae	Cólico
43	Órgano	*Marginatocereus marginatum* (DC)	Cactaceae	Herpes
44	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.	Leguminosae	Antiséptico, Diabetes
45	Palo en cruz	*Randia armata* (Sw). DC	Rubiáceae	Diabetes, comestible
46	Papelillo	*Bursera odorata auct.non* Brandeg.	Burseraceae	Para fijar los dientes
47	Pegarropa	*Mentzelia hispida* (Wuilld)	Loasaceae	Herpes
48	Pingüica	*Arctostaphylos pungens Kunth*	Ericaceae	Cálculos renales/infección riñón
49	Pirul	*Schinus molle* L.	Anacardiaceae	Granos, hongos
50	Pochote	*Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker	Bombacaceae	Diabetes
51	Quelite morado	*Chenopodium graveolens* Wild	Chenopodiaceae	Contra parásitos
52	Romerillo	*Purshia mexicana* (D. Don) Henrickson	Rosaceae	Digestivo/antiséptico
53	San Pedro	*Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth	Bignoniaceae	Diabetes
54	Sangregado	*Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.	Euphorbiaceae	Infecciones estómago y piel
55	Santamaría	*Tagetes florida* Sw	Compositae	Infecciones estómago
56	Santamaría	*Tagetes lucida* Cav.	Asteraceae	Digestiva/Tranquilizante
57	Senecio, candelabro	*Senecio praecox* (Cav.) DC.	Compositae	Cicatrizar/reumatismo
58	Tabaquillo	*Nicotiana glauca* (Graham)	Solanaceae	Reumatismo
59	Tabardillo	*Piquieria trinervia* Cav.	Compositae	Diarrea
60	Taray	*Salix taxifolia* HBK.	Salicaceae	Analgésico, febrífugo
61	Tatalencho	*Selloa glutinosa* Spreng.	Asteraceae	Infecciones de piel
62	Tepozan	*Buddleja cordata* (HBK.)	Buddlejaceae	Diurético/Tranquilizante
63	Tejocote	*Crataegus mexicana* Moc et Seseé	Rosaceae	Diurético /diabetes
64	Toloache morado	*Datura quercifolia* Kunth	Solanaceae	Cardiotónico, contra asma
67	Toloachillo	*Datura stramonium* L.	Solanaceae	Cardiotónico, contra asma
68	Tomatillo	*Physalis coztomatl* Moc.& Sessé ex Dunal	Solanaceae	Cicatrizar
69	Tumba vaqueros	*Ipomoea stans* (Cav)	Convolvulaceae	Febrífugo/estreñimiento
70	Tripas de Judas	*Cissus philadelphia* var. *sicyoides* L.	Vitaceae	Tranquilizante
71	Uña de gato	*Mimosa monosistra* (Bent)	Leguminosae	Contra el cáncer/virus
72	Venenosilla	*Asclepias linaria* Cav.	Asclepiadaceae	Mezquino, herpes
73	Verbena	*Verbena carolina* L.	Verbenaceae	Digestión
74	Zapote blanco	*Casimiroa edulis* (Llave et Lex)	Rutaceae	Presión arterial

Parte usada	Forma de uso	Laguna de Yuriria	Región Volcánica Siete Luminarias	Cerro de los Amoles	Sierras de los Agustinos	Cuenca Alta Río Temascatio
Hoja/Tallo	Infusión	X				
Hojas y tallos tiernos	Infusión				X	
Resina	Directo	X	X		X	X
Parte aérea	Infusión		X	X		
los tallos	Infusión	X				
tronco	Infusión		X	X	X	X
Frutos	Ingesta frutos frescos					X
Tallo	Fresco, se mastica	X				
Parte aérea	Infusión		X	X		
Fruto/hoja	Fruto fresco en crudo se prepara un licuado y se toma por la mañana			X	X	
Resina y corteza	Resina, directo, corteza se hierve y se aplica			X	X	
Corteza	Infusión	X	X	X		
Hojas, tallos y flores	Infusión y tintura	X				
Parte aérea	Infusión			X	X	
Hojas, tallos y flores	Infusión		X			
Toda la planta	Cocida		X			
Tallos, hojas y flores	Infusión				X	
Parte aérea	Infusión			X		X
Hoja/tallo	Infusión			X		
Hoja/Tallo	Infusión	X	X			
Tallos, Hojas y flores	Infusión					
hojas y tallos tiernos	Infusión			X		X
Tallos, hojas y flores	Cocida					X
Hoja	Infusión			X	X	
Parte aérea	Infusión			X	X	
Toda la planta	Infusión					X
Toda la planta	En infusión y fumada					X
Hoja	Fresca machacada	X			X	
Raíz	Infusión	X				
Hoja/tallo	Infusión				X	
Corteza con resina	Cocción y directo		X		X	X
Sabia	Directo, infección		X	X		X
Parte aérea	Infusión				X	
Hoja y fruto	Infusión			X		

Cuadro 2. Metabolitos secundarios encontrados en las plantas medicinales seleccionadas.

Planta en Estudio	Alcaloides (Berberina)	Antraquinona	Coumarinas	Esteroides (Stigmasterol)	Glucósidos Cardiotónicos	Saponinas (Digitonina)	Terpenos (Ac. Grandiflorenico, Kaurenoico, Monoginoico)
Cazahuate		X	X	X	X		X
Chicalote	X	X	X	X	X	X	X
Fraile		X	X	X	X		X
Peixto		X		X	X	X	X
Talayote		X	X	X	X	X	X
Tepuza		X		X	X		
Zapote		X		X	X	X	
Injerto	X	X	X	X	X		X
Hierba del Pollo	X	X		X	X	X	
Lentejilla		X		X	X		X
Palo Azul		X		X	X		X
Pingüica		X		X	X		X
Salvia Blanca		X	X	X	X		X
Tepozán	X	X		X	X		X
Tumbavaquero		X		X	X		X
Tronadora	X	X		X	X		X
Zapote Blanco		X		X	X		X

cinco áreas protegidas del estado de Guanajuato, lo que abre la oportunidad para realizar proyectos de investigación que detonen los procesos asociados al desarrollo integral de las comunidades, aumenten el valor de uso racional de los recursos naturales y potencien el desarrollo local del estado de Guanajuato. De esa manera, los trabajos etnobótanicos subsiguientes tienen que ser integrados por investigaciones multidisciplinarias y estudios de fitoquímica, toxicología y farmacología de cada especie, además de la aplicación de paquetes tecnológicos actualizados con el fin de aportar los elementos para el desarrollo sustentable.

Para corroborar el conocimiento de la medicina tradicional, se recomiendan las especies: el injerto (*Psittacanthus americanus*) y palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) para estudios químicos y biológicos más profundos. De esa manera se permite la conjunción de la medicina tradicional revalorada con la medicina científica, dando una alternativa de atención en salud pública a los grandes sectores rurales del país para apoyar aquellos tratamientos más frecuentemente aplicados y relacionados con problemas ginecológicos y sobrepeso, como la diabetes.

Literatura citada

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. "Manual de Malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato", *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*, fascículo complementario 20.

GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 1998. "Programa de Manejo para el Área Natural Protegida Región volcánica Siete Luminarias en el municipio de Valle de Santiago del estado de Guanajuato", *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*, 29 de diciembre, pp. 13657-13667.

———. 2002. "Programa de Manejo del Área Natural Protegida Cuenca Alta del Río Temascatío ubicada en los municipios de Salamanca y Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto." *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*, núm. 125, 18 de octubre, pp. 96-112.

———. 2004. "Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida Sierra de los Agustinos ubicada en los municipios de Acámbaro, Jerécuaro y Tarimoro", *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*, núm. 198, 10 de diciembre, pp. 12-27.

———. 2005. "Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Área de restauración ecológica Laguna de Yuriria y su zona de influencia", Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, núm. 188, 25 de noviembre, pp. 84-99.

———. 2006. "Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Área de uso sustentable Cerro de los Amoles", *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*, núm. 136, 25 de agosto, pp. 30-49.

Oceguera, S., E. Moreno y P. Koleff. 2005. "Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica", *Biodiversitas* **62**: 12-15.

Wagner, H. y S. Blandt (eds.). 1996. *Plant Drug Analysis*. 2ª ed. Nueva York, Editorial Springer.

ESTUDIO DE CASO

PLANTAS ÚTILES Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS FORRAJERAS, MEDICINALES Y DE USO MÚLTIPLE

Luis Hernández Sandoval | Yolanda Pantoja Hernández | Mahinda Martínez

Introducción

Se presenta un análisis de las plantas útiles de Guanajuato, actualizando los nombres científicos y documentando sus usos por categorías generales. En total se registraron 410 especies útiles para el estado, de las cuales 299 fueron medicinales, 142 forrajeras, 142 melíferas, 126 para combustible, 125 maderables, 86 alimenticias, 69 ornamentales, 43 para elaboración de artesanías, 43 con uso ceremonial, 24 tóxicas o nocivas, 21 para colorantes o tinciones, 14 para fibras, ocho para bebidas y 120 con otros usos diversos. Adicionalmente se presentan mapas de distribución potencial de algunos ejemplos de grupos de plantas útiles como las medicinales, las forrajeras y las maderables. Para correr los modelos de las plantas medicinales se utilizó la distribución real de 159 especies, para las maderables 70 y para las especies multiuso 20. De acuerdo con los resultados, en los tres casos se muestra una tendencia a encontrar una mayor distribución de estos grupos de usos de plantas en las sierras, serranías y cañones con vegetación relativamente bien conservada. A pesar de que esta información sobre las plantas útiles de Guanajuato es preliminar, se sugiere como base para iniciar y desarrollar trabajos extensivos y, en su caso, específicos por grupo o categoría de usos, por región o por especies selectas con estudios a diferentes niveles en el estado.

El valor cultural y económico de las plantas representa una opción de subsistencia y sustentabilidad en las comunidades rurales de México. Adicionalmente, representan una de las alternativas para la toma de decisiones en la conservación y manejo de la diversidad vegetal de cualquier área o región.

Para conocer el valor de las plantas en el estado de Guanajuato se construyó una lista con especies nativas útiles mediante una revisión bibliográfica (Martínez, 1992; Ocampo, 1997; Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004; Terrones *et al.*, 2004) (cuadro 1). Se actualizaron los nombres científicos y se documentaron los diferentes usos por categorías generales, adaptadas de Hernández-Xolocotzi (1955). Como un complemento, y para reconocer la distribución de plantas útiles en la entidad, se generaron mapas con la distribución probable o potencial de tres grupos importantes de especies: de usos medicinales, maderables y plantas multiusos.

Plantas útiles

En esta contribución se presentan un total de 410 especies útiles para el estado (figura 1), de las cuales más de dos terceras partes (299 especies, correspondiente a 73.1%) presentaron un uso medicinal, resultado similar a otros estudios etnobotánicos en México, en donde las plantas medicinales representan el mayor número. En este caso, las especies utilizadas para la elaboración de miel y subproductos (polen) y las forrajeras fueron más importantes que las comestibles y las maderables, que generalmente se registran en el segundo y tercer lugar de importancia (Hernández-Xolocotzi, 1955; Hernández-Sandoval *et al.* 1991; Ocampo, 1997), lo que probablemente refleje la importancia de las actividades agropecuarias con técnicas tradicionales, que permiten la conservación de muchas especies nativas.

Plantas Multiusos

Dentro de las plantas útiles se registraron cerca de 300 especies con más de dos usos; 20 de ellas tienen más de seis usos diferentes, a las que se les denominó especies multiusos (cuadro 1). Entre éstas destacan *Erythrina coralloides* y *Prosopis*

Hernández-Sandoval, L. G., Y. Pantoja-Hernández y M. Martínez. 2012. "Plantas útiles y distribución potencial de las forrajeras, medicinales y de uso múltiple" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 274-289.

laevigata con 10 usos cada una; *Agave salmiana, Amelanchier denticulata, Erythrina herbacea* subsp. *nigrorosea, Eysenhardtia polystachya* y *Juglans mollis*, que tienen ocho usos. Finalmente, *Acacia angustissima, Acacia farnesiana, Adolphia infesta, Ceiba aesculifolia, Crataegus mexicana, Condalia mexicana, Eysenhardtia punctata, Fraxinus uhdei, Parkinsonia aculeata, Purshia mexicana, Rhus pachyrrhachis, Taxodium mucronatum* y *Tecoma stans*, tienen siete usos diferentes. Tanto el mezquite (*Prosopis laevigata*) –utilizado como alimento, para elaborar bebidas no alcohólicas, cercos vivos, como combustible de leña y carbón, maderable, medicinal, melífera y ornamental, entre otros usos–, como los colorines o patoles (*Erythrina* spp.) –utilizados para alimento, para elaborar artesanías, como cercos vivos, para colorantes y tinciones, para combustible, como forrajeras, maderables, medicinales, melíferas, ornamentales y de interés para el hombre por sus semillas tóxicas–, son de gran importancia por la diversidad de usos que tienen en varios lugares del centro de México. Otras especies, como las ceibas (*Ceiba* spp.) y los ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*), representan además aspectos mitológicos o religiosos para los pobladores.

Distribución potencial de especies útiles

Para el análisis de la distribución potencial se seleccionaron los tres grupos de especies útiles más importantes de acuerdo con su riqueza y valor: las plantas con usos medicinales, forestales y las especies multiuso, cuyas áreas de distribución se obtuvieron a partir de la base de datos de la REMIB (CONABIO, 2004) y las fichas técnicas de los herbarios IEB Y QMEX y se procesaron con el programa GARP (Algoritmo Genético para la Predicción de Conjunto de Reglas, por sus siglas en inglés). Para esto, se combinaron los datos de presencia de las plantas de acuerdo con la posición geográfica de los ejemplares recolectados, los cuales se relacionaron con diversas variables ecológico-ambientales: topografía, temperatura, precipitación y elevación (Anderson *et al.*, 2003).

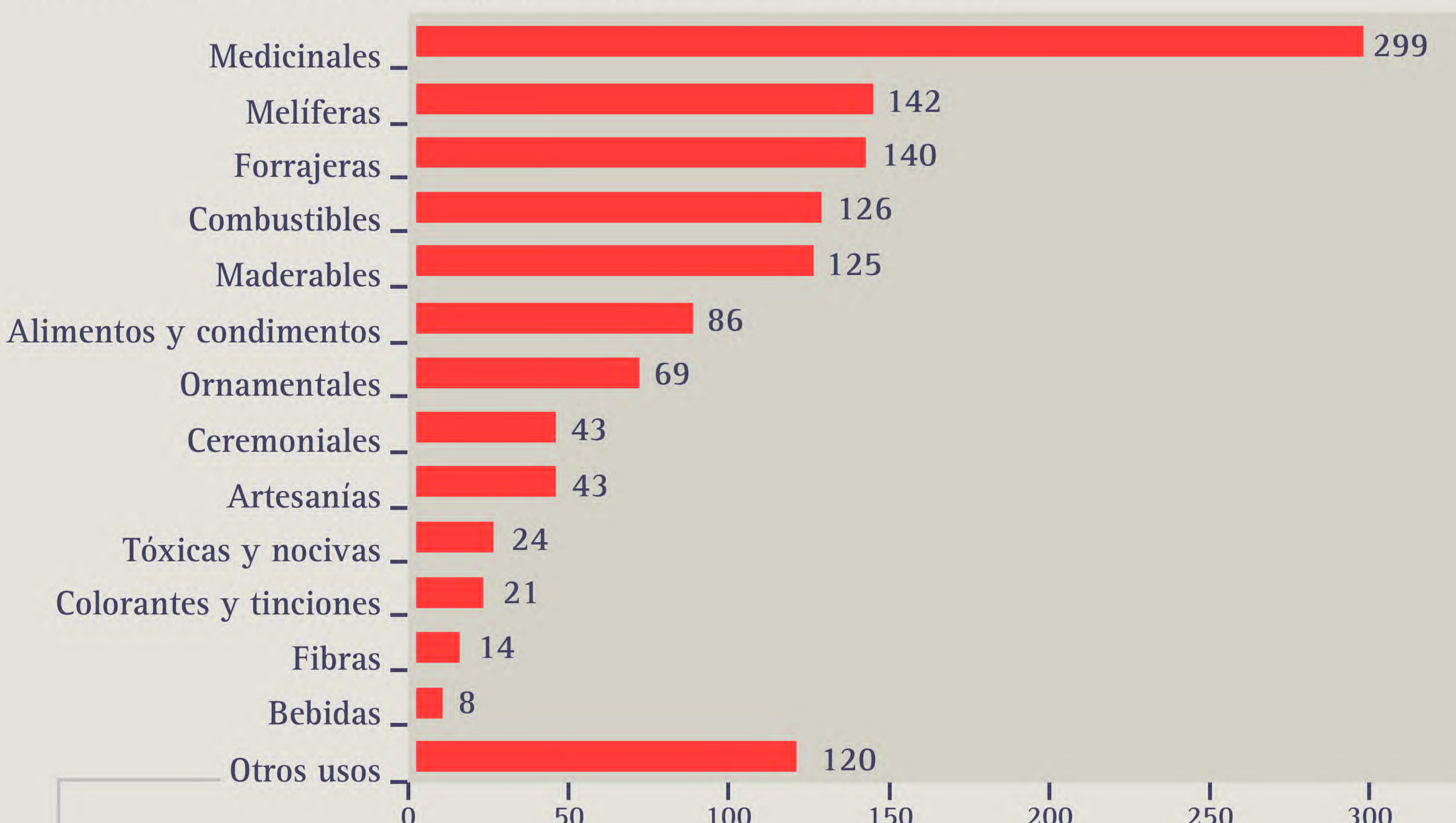


Figura 1. Los diferentes usos de la vegetación nativa, a partir de 410 especies de plantas.

Cuadro 1. Especies útiles de Guanajuato.

	Usos														
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Abies religiosa						X			X	X		X	X		5
Acacia angustissima			X			X		X	X	X	X		X		7
Acacia constricta		X				X		X	X		X				5
Acacia coulteri		X				X		X	X		X		X		5
Acacia farnesiana	X					X		X		X	X				7
Acacia greggi								X	X		X				2
Acacia pennatula						X		X	X		X				4
Acacia pringlei		X						X	X		X				4
Acacia schaffneri						X		X		X	X		X		6
Acalypha mexicana										X					1
Acalypha monostachya										X					1
Acalypha phleoides										X					1
Acmella radicans										X					1
Acourtia parryi										X					1
Acourtia reticulata										X			X		2
Adolphia infesta	X					X		X	X	X	X		X		7
Agave applanata							X					X			1
Agave filifera							X					X			2
Agave lechuguilla		X					X						X		3
Agave salmiana	X		X			X	X	X	X	X	X		X		8
Ageratum corymbosum										X	X				2
Agonandra obtusifolia						X		X		X	X		X		6
Agonandra racemosa						X		X		X			X		4
Albizia occidentalis											X	X	X		3
Aldama dentata															1
Allionia incarnata										X					1
Aloysia lycioides	X			X						X					3
Alnus acuminata		X				X			X			X	X		5
Alnus jorullensis		X							X			X	X		4
Althernantera caracasana										X					1
Amaranthus hybridus	X			X									X		3
Amelanchier denticulata	X	X				X			X	X	X	X	X		8
Aphanostephus ramosissimus								X		X					2
Aralia humilis		X				X				X			X		4
Arbutus glandulosa	X	X			X					X			X	X	6
Arbutus xalapenis	X	X			X					X			X	X	6
Arctostaphylos pungens	X				X					X			X		4
Argemone mexicana								X		X					2
Argemone ochroleuca										X					1
Aristida adscensionis										X					1
Aristolochia versabilifolia										X					1
Artemisia ludoviciana	X	X		X						X	X				5
Asclepias curassavica										X			X	X	3

Cuadro 1. Continuación.

	Usos														
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Asclepias linaria										X				X	2
Asclepias mexicana														X	1
Aster subulatus										X					1
Baccharis multiflora		X								X					2
Baccharis pteronoides										X					1
Baccharis salicifolia		X								X					2
Bauhinia coulteri var. *arborescens*						X		X	X		X		X		5
Bauhinia macranthera						X		X	X		X		X		5
Bidens aurea										X					1
Bidens pilosa								X		X					2
Bidens odorata								X		X					2
Borreria verticilata										X					1
Bothriochloa barbinodis								X		X					2
Bouteloua chondrosioides										X					1
Bouteloua hirsuta								X		X					2
Bouteloua repens								X		X					2
Bouvardia longiflora												X			1
Bouvardia ternifolia										X					1
Brachiaria meziana								X		X					2
Brickellia veroniciifolia										X	X				2
Brongniartia intermedia						X		X			X				3
Brongniartia lupinoides						X		X			X				3
Bromus catharticus								X							1
Buddleja cordata ssp. *cordata*								X	X	X			X		4
Buddleja perfoliata								X	X	X		X	X		5
Buddleja scordioides								X	X				X		3
Buddleja sessiliflora								X	X	X			X		4
Bursera fagaroides						X			X		X				3
Bursera galeottiana						X			X		X				3
Bursera palmeri						X			X		X				3
Calliandra anomala						X			X		X	X			4
Calliandra eriophylla						X			X		X	X			4
Carpinus caroliniana		X							X			X	X		4
Carya illinoiensis	X							X	X		X				4
Carya ovata var. *mexicana*	X							X	X		X				4
Carya palmeri	X						X	X	X		X				5
Casimiroa edulis	X								X	X	X				4
Castilleja arvensis										X					1
Ceanothus coeruleus						X			X	X	X				4
Ceanothus greggii var. *greggii*						X			X	X	X				4
Cedrela dugesii		X				X			X	X	X	X			6
Ceiba aesculifolia	X			X		X			X	X		X	X		7
Celtis caudata						X		X	X		X				4
Celtis iguanaea						X		X	X		X				4

Cuadro 1. Continuación.

	Usos													
Especie	**Ali**	**Art**	**Beb**	**Cer**	**Col**	**Com**	**Fib**	**For**	**Mad**	**Med**	**Mel**	**Orn**	**Otr**	**Tox**	**Total**
Celtis pallida	X					X		X		X	X		X		6
Cenchrus ciliaris								X		X					2
Cenchrus echinatus														X	1
Chenopodium album										X					1
Chenopodium ambrosioides	X			X						X			X		4
Chenopodium berlandieri	X							X		X					3
Chenopodium glaucum								X							1
Chloris submutica								X		X					2
Chloris virgata								X		X			X		3
Cirsium rhaphilepis										X					1
Clematis dioica						X	X			X	X		X		5
Clethra mexicana		X				X			X		X				4
Crataegus mexicana	X					X		X	X	X	X		X		7
Crysactinia mexicana			X							X	X				3
Colubrina elliptica					X	X		X	X						4
Comarostaphylis polyifolia	X							X			X				3
Commelina pallida										X					1
Condalia mexicana	X			X		X		X	X	X	X				7
Condalia velutina						X		X	X	X	X				6
Conyza filaginoides										X					1
Conzattia multiflora		X				X		X	X		X		X		6
Cordia boissieri	X									X	X		X		4
Cosmos bipinnatus										X		X			2
Cowania plicata						X			X	X	X				4
Croton ciliato-glanduifer										X				X	2
Cucurbita foetidissima										X			X		2
Cucurbita radicans										X			X		2
Cuphea wrightii var. *wrightii*										X					1
Cupressus lusitanica						X			X	X					3
Dalea bicolor								X		X		X			3
Dalea citriodora		X				X		X		X	X				5
Dalea foliolosa								X		X	X	X			4
Dalea lutea		X				X		X		X	X				5
Dalea humilis								X		X	X			X	4
Dalea prostrata								X		X	X				3
Dasylirion acotriche	X	X		X					X			X			5
Datura inoxia										X				X	2
Datura stramonium				X						X				X	3
Desmanthus pumilis										X					1
Desmodium neomexicanum										X					1
Desmodium orbicularis								X							1
Desmodium procumbens	X							X		X					3
Dichondra argentea								X		X					2

Cuadro 1. Continuación.

	Usos														
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Diphysa suberosa		X				X		X	X		X	X			6
Ditaxis heterantha	X				X										2
Dodonaea viscosa		X		X		X				X	X		X		6
Dyssodia tagetiflora											X		X		2
Dyssodia papposa										X	X				2
Dyssodia pentachaeta										X	X				2
Dyssodia setifolia										X					1
Ebanopsis ebano	X					X		X	X		X				5
Echeveria mucronata	X							X		X		X			4
Echinocactus horizontalonius										X		X			2
Echinocactus platyacanthus	X		X								X	X			4
Ehretia anacua	X										X				2
Ehretia elliptica	X									X	X	X			4
Enterolobium cyclocarpum								X		X	X	X	X		5
Eragrostis cilianenesis								X		X					2
Erioneuron pulchelum										X					1
Eryngium carlineae										X					1
Erythrina coralloides		X		X	X	X		X	X	X	X		X	X	10
Erythrina herbacea ssp. *nigrorosea*		X		X	X			X		X	X		X	X	8
Escobedia linearis					X										1
Euchlaena densiflora										X					1
Euchlaena mexicana								X							1
Euphorbia densiflora										X					1
Euphorbia fulva										X			X		2
Euphorbia hirta										X					1
Euphorbia mendezii										X					1
Euphorbia nutans										X					1
Euphorbia tancahuete												X			1
Evolvulus alsinoides										X					1
Evolvulus sericeus										X					1
Eysenhardtia polystachya					X	X		X	X	X	X		X	X	8
Eysenhardtia punctata					X	X		X	X	X	X		X		7
Ferocactus histrix	X														1
Ferocactus latispinus	X									X					2
Ficus cotinifolia	X									X					2
Ficus padifolia	X									X					2
Flaveria trinervia								X							1
Florestina pedata		X								X		X			3
Forestiera phillyreoides						X		X			X	X		X	5
Fouquieria splendens						X			X	X	X	X			5
Fraxinus greggii						X			X	X	X		X		5
Fraxinus uhdei		X				X			X	X	X	X	X		7

4 Capítulo

Cuadro 1. Continuación.

	Usos													
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Gaura coccinea										X		X			2
Gnaphalium canescens										X					1
Gnaphalium chartaceum										X					1
Gnaphalium chilense										X					1
Gomphrena decumbens										X					1
Gomphrena serrata										X					1
Gonolobus erianthus	X											X			2
Gouania polygama													X		1
Guilleminea densa										X					1
Gutierrezia texana var. *glutinosa*		X								X					2
Gymnosperma glutinosum										X					1
Haploppaus spinolosus										X					1
Heimia salicifolia										X			X		2
Helenium mexicanum										X					1
Helianthemum patens										X					1
Heliocarpus reticulatus						X	X	X	X	X	X				6
Heterotheca inuloides										X					1
Hyptis albida			X	X		X				X	X		X		6
Ipomoea arborescens						X					X		X		3
Ipomoea capillacea	X											X			2
Ipomoea murucoides						X				X	X		X	X	5
Ipomoea painteri										X		X			2
Ipomoea purpurea								X		X		X	X		4
Jatropha dioica				X		X				X		X	X		5
Juglans mollis	X	X			X	X		X	X	X	X				8
Juniperus flaccida						X		X	X	X					4
Juniperus martinezii						X		X	X	X					4
Juniperus monosperma var. *gracilis*						X		X	X	X					4
Kallstroemia hirsutissima										X					1
Karwinskia humboldtiana									X	X	X			X	4
Karwinskia mollis									X	X	X			X	4
Krameria secundiflora										X		X			2
Krugiodendron ferreum									X		X			X	3
Lamourouxia dasyantha										X		X			2
Lepidium schaffneri										X					1
Lantana camara	X					X					X	X	X		5
Larrea divaricata ssp. *tridentata*	X									X	X		X	X	5
Leucaena cuspidata						X		X	X	X	X		X		6
Leucaena macrophylla ssp. *macrophylla*						X		X	X		X		X		5
Leucaena pallida						X		X	X		X		X		5
Leucaena pulverulenta	X					X		X	X		X		X		6
Lippia graveolens	X					X		X		X	X		X		6

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Usos													
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Lippia ligustrina	X					X		X		X	X		X		6
Loeselia coerula										X					1
Lupinus montanus								X		X	X	X			4
Lycianthes moziniana										X		X			2
Lysiloma acapulcense						X				X	X		X		4
Lysiloma divaricata						X				X	X		X		4
Lysiloma microphylla						X			X	X	X		X		5
Macroptilium gibbosifolium										X		X			2
Malva parviflora										X					1
Malvastrum coromandellianum										X					1
Mammillaria magnimamma										X		X			2
Mammillaria uncinata	X									X		X			3
Maurandya antirrhinoflora										X		X			2
Mecardonia procumbens										X		X			2
Melampodium divaricatum								X							1
Melampodium glabrum													X		1
Melochia pyramidata							X			X					2
Mentzelia hispida										X					1
Microsechium helleri								X		X					2
Milleria quinqueflora								X							1
Mimosa aculeaticarpa						X		X		X	X				4
Mimosa albida						X		X		X	X				4
Mimosa biuncifera						X		X	X	X	X				5
Mimosa benthamii						X		X		X	X				4
Mimosa monancistra						X		X		X	X				4
Mimosa lacerata						X		X	X	X	X				5
Mirabilis jalapa										X		X			2
Montanoa frutescens						X		X		X	X				4
Montanoa tomentosa						X		X		X	X				4
Morus celtidifolia	X				X	X	X		X	X					6
Myrtillocactus geometrizans	X			X	X					X	X	X			6
Nama undulatum										X			X		2
Neoprginglea integrifolia									X		X				2
Nicotiana glauca										X			X		2
Nicotiana trigonophylla										X					1
Nolina parvifolia									X			X			2
Oenothera rosea										X					1
Opuntia cantabrigiensis				X				X		X					3
Opuntia ficus-indica	X									X					2
Opuntia imbricata var. *cardenche*								X		X					2
Opuntia joconostle	X														1
Opuntia robusta var. *larreyi*	X														1
Opuntia robusta var. *robusta*	X			X				X							3
Opuntia streptacantha	X														1

Cuadro 1. Continuación.

	Usos													
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Ostrya virginiana		X				X			X				X		4
Oxalis decaphylla	X											X			2
Oxalis divergens	X														1
Oxalis hernandesii	X														1
Oxalis latifolia	X														1
Oxybaphus violaceus										X					1
Panicum decolorans								X							1
Parkinsonia aculeata			X				X	X	X	X	X			X	7
Parthenium hysterophorus										X				X	2
Parthenium incanum										X					1
Pectis prostrata										X					1
Perityle microglossa								X		X					2
Persea americana	X									X					2
Physalis cinerascens	X									X					2
Physalis lagascae										X					1
Physalis nicandroides												X			1
Physalis patula	X									X					2
Physalis philadelphica	X									X					2
Physalis solanacea	X														1
Phytolacca icosandra										X				X	2
Picris echioides										X					1
Pinguicola moranensis										X		X			2
Pithecellobium albicans								X	X		X		X		4
Pithecellobium brevifolium								X	X		X		X		4
Pithecellobium dulce	X							X	X		X	X	X		6
Pinus cembroides	X											X	X		3
Pinus devoniana						X			X				X		3
Pinus engelmanii						X			X				X		3
Pinus lumholtzii						X			X				X		3
Pinus pinceana	X														1
Pinus pseudostrobus						X			X				X		3
Pinus teocote						X			X	X			X		4
Pistacia mexicana	X	X							X	X			X		5
Plantago nivea										X					1
Platanus mexicana						X		X	X	X	X				5
Plumeria rubra				X						X		X			3
Polygala obscura										X					1
Poligonum aviculare										X					1
Populus tremuloides		X				X			X	X	X				5
Porophyllum macrocephalum	X									X			X		3
Porophyllum tagetoides										X			X		2
Portulaca oleracea	X									X					2
Priva mexicana										X					1
Proboscidea louisianica ssp. *fragrans*	X						X			X		X	X		5

Cuadro 1. Continuación.

	Usos														
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Prosopis laevigata	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X		10
Prunus brachybotrya						X			X	X	X				4
Prunus serotina ssp. *capuli*	X					X			X	X	X	X			6
Pseudobombax ellipticum				X					X	X		X	X		5
Psoralea pentaphylla										X					1
Ptelea trifoliata									X	X					2
Purshia mexicana		X				X	X	X	X	X	X				7
Quercus affinis				X				X	X	X			X		5
Quercus candicans				X		X		X	X	X			X		6
Quercus castanea				X		X		X	X	X			X		6
Quercus crassifolia				X		X		X	X	X			X		6
Quercus deserticola				X		X		X	X	X			X		6
Quercus emoryi				X		X		X	X	X			X		6
Quercus glauscencens				X		X		X	X	X			X		6
Quercus intricata				X		X		X	X	X			X		6
Quercus laurina				X		X		X	X	X			X		6
Quercus macrophylla				X		X		X	X	X			X		6
Quercus mexicana				X		X		X	X	X			X		6
Quercus microphylla				X		X		X	X	X			X		6
Quercus obtusata				X		X		X	X	X			X		6
Quercus resinosa				X		X		X	X	X			X		6
Quercus rugosa				X		X		X	X	X			X		6
Randia thurberi	X				X	X			X	X	X				6
Rhamnus capraefolia var. *capraefolia*						X		X	X						3
Rhus aromatica var. *trilobata*	X									X	X				3
Rhus microphylla	X	X			X	X		X			X				6
Rhus pachyrrachys	X	X			X	X				X	X		X		7
Rhus standleyi						X					X				2
Rubus fagifolius	X				X										2
Rubus pringlei	X				X										2
Salvia hirsuta										X			X		2
Salvia leucantha	X										X		X		3
Salvia mexicana	X										X		X		3
Salvia microphylla	X									X	X	X	X		5
Salvia reflexa										X			X		2
Salvia tilifolia								X		X			X		3
Salix bomplandiana		X				X			X	X	X		X		6
Salix humboldtiana		X				X			X	X	X		X		6
Salix schaffnerii						X			X	X	X		X		5
Salix taxifolia						X			X	X	X		X		5
Sanvitalia procumbens										X					1
Sarcostemma elegans										X		X			2
Satureja mexicana				X		X				X	X		X		5

Cuadro 1. Continuación.

	Usos														
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Schoenoplectus californicus		X													1
Scleropogon brevifolius										X					1
Senecio glutinosa										X					1
Senecio praecox										X		X			2
Senecio salignus				X					X	X	X		X		5
Senna atomaria						X		X	X		X	X			5
Senna hirsuta var. *glaberrima*									X		X				2
Senna multiglandulosa									X		X				2
Senna polyantha						X		X	X		X	X			5
Senna septemtrionalis									X	X	X				3
Senna wislizenii var. *painteri*						X			X		X				3
Setaria grisebachii								X		X					2
Setaria macrostachia										X					1
Sida abutifolia										X					1
Sida rhombifolia								X		X					2
Simsia lagasciformis								X							1
Simsia phoetida										X					1
Solanum americanum										X				X	2
Solanum elaeaguifolium										X			X		2
Solanum heterodoxum										X					1
Solanum marginatum						X		X		X	X				4
Solanum rostratum										X					1
Solanum torvum						X		X		X	X				4
Solanum stenophyllidium	X														1
Sonchus oleraceus										X					1
Sorgastrum brunneum										X					1
Sphaeralcea angustifolia								X		X					2
Sprekelia formosissima				X								X			2
Stenocereus queretaroensis	X				X										2
Stenocereus stellatus	X		X		X										3
Stevia ovata										X					1
Tagetes lucida				X						X					2
Tagetes lunulata										X	X				2
Talinum angustissimum										X					1
Talinum paniculatum	X							X		X					3
Taxodium mucronatum		X		X		X	X		X	X			X		7
Thevetia peruviana		X		X						X	X	X			5
Thevetia thevetioides		X		X						X	X	X			5
Tecoma stans		X				X		X		X	X	X	X		7
Teucrium cubense				X						X					2
Tetramerium nervosum										X					1

Cuadro 1. Continuación.

	Usos														
Especie	Ali	Art	Beb	Cer	Col	Com	Fib	For	Mad	Med	Mel	Orn	Otr	Tox	Total
Tillandsia recurvata								X					X		2
Tithonia tubiformis								X		X	X				3
Tradescantia crassifolia										X					1
Tragus berteronianus								X		X					2
Trichilia havanensis		X							X	X	X		X		5
Turbina corymbosa										X					1
Urochloa meziana								X		X					2
Vallesia glabra	X			X					X	X					4
Verbena canescens										X					1
Verbesina greenmanii											X				1
Verbesina pedunculosa						X		X		X	X				4
Verbesina pietatis						X		X		X			X		4
Verbesina virgata									X	X					2
Viguiera linearis								X	X	X					3
Wigandia urens										X				X	2
Xanthium strumarium										X					1
Yucca filifera	X						X		X		X	X	X		6
Zaluzania augusta		X								X	X				3
Zanthoxylum fagara	X				X	X			X		X				5
Zapoteca capillata						X		X	X		X		X		5
Zephyranthes fosteri										X		X			2
Zinnia peruviana								X		X					2
Zornia thymifolia										X					1
Totales	86	43	8	43	21	125	13	141	125	299	142	69	120	24	

Usos: Alimento y condimentos (Ali), artesanales (Art), ceremoniales (Cer), bebidas (Beb) colorantes (Col), combustible (Com), forrajeras (For), maderables (Mad), medicinales (Med), ornamentales (Orn), otros usos (Otr), tóxicas o nocivas (Tox).

Medicinales

La mayoría de las 159 especies incluidas en el análisis se presentan en las sierras del norte del estado y la Sierra Madre Oriental (figura 2).

Maderables

Las partes altas de las montañas y serranías del estado representan las áreas con mayor potencial de distribución de especies maderables, que es más amplia en comparación con las especies medicinales (figura 3).

Multiusos

De acuerdo con la limitada cantidad de 20 especies para correr el modelo, el área potencial de distribución se presenta de forma fragmentada y en pequeños parches dentro del territorio estatal (figura 4), por lo que no fue posible establecer un patrón de presencia. Sin embargo, es probable que las especies no estén restringidas a una región o asociados a un tipo de vegetación en particular.

Si bien se observan diferencias en la distribución de las especies en los tres casos, asociada a la categoría de uso, la mayor probabilidad de en-

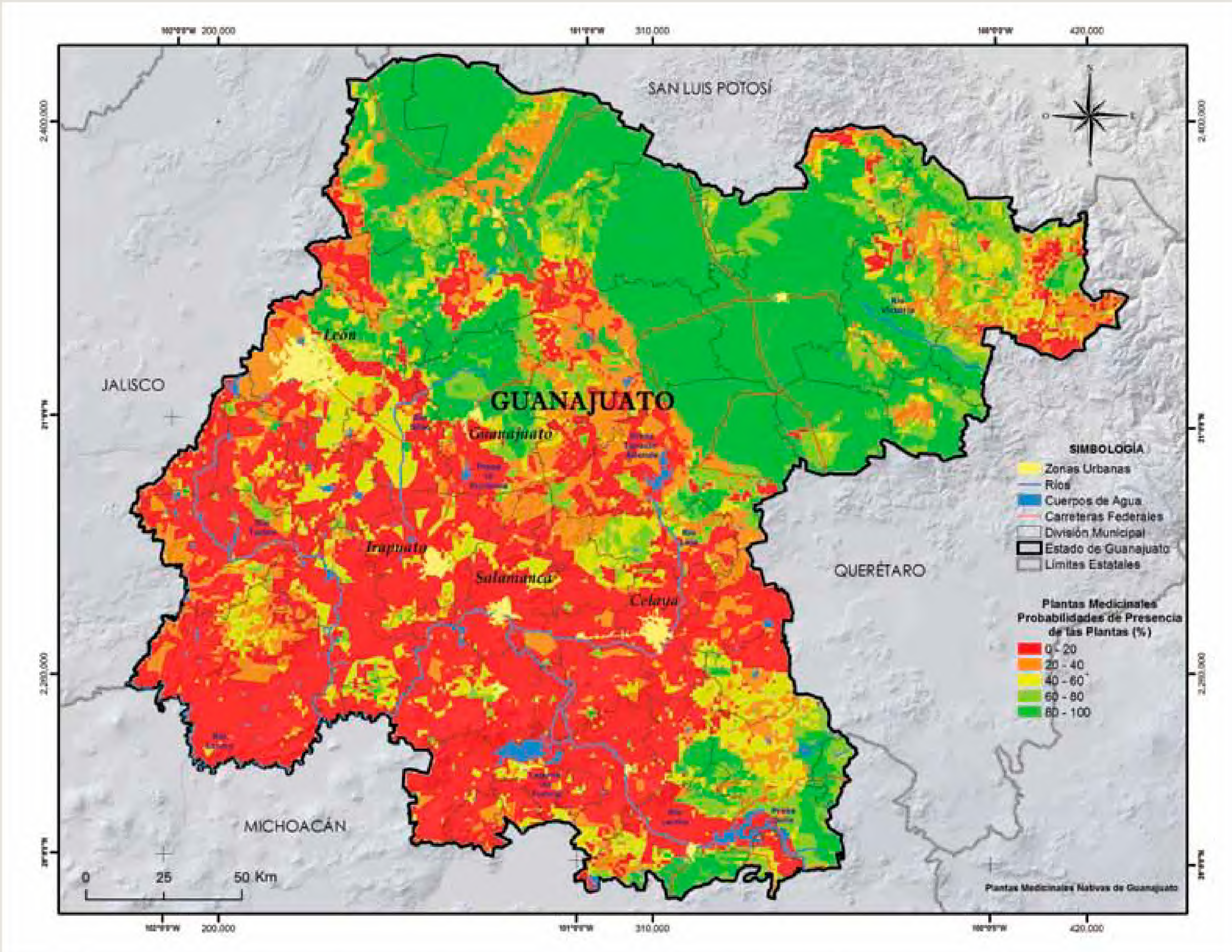


Figura 2. Distribución potencial de 159 especies vegetales con uso medicinal en el estado de Guanajuato. Los diferentes tonos indican áreas potenciales de distribución: rojo: presencia limitada; verde: elevada probabilidad. Las regiones más oscuras muestran la mayor probabilidad de encontrar especies medicinales.

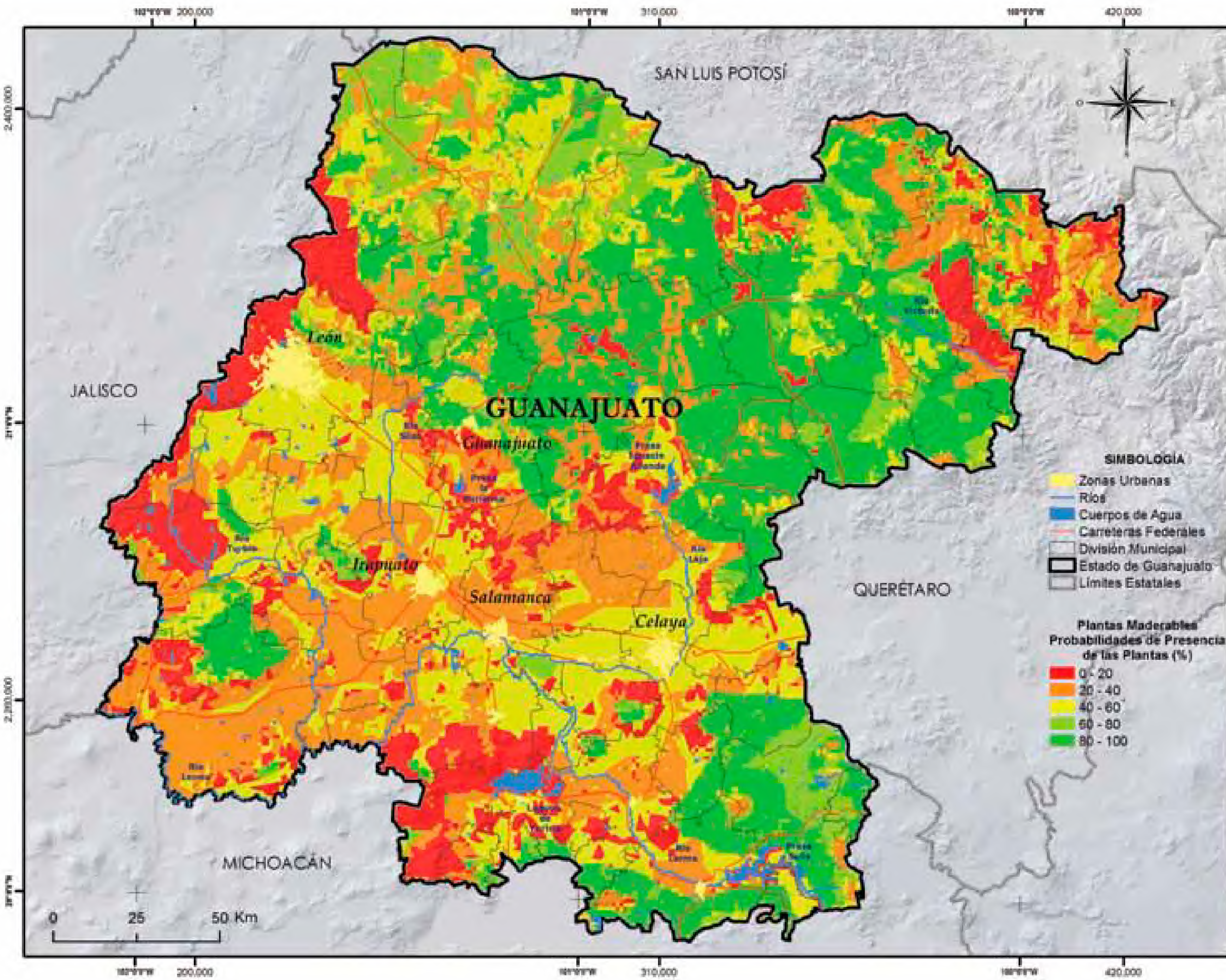


Figura 3. Distribución potencial de 70 especies vegetales con uso maderable en el estado. Los diferentes tonos indican áreas potenciales de distribución, rojo: presencia limitada; verde: elevada probabilidad.

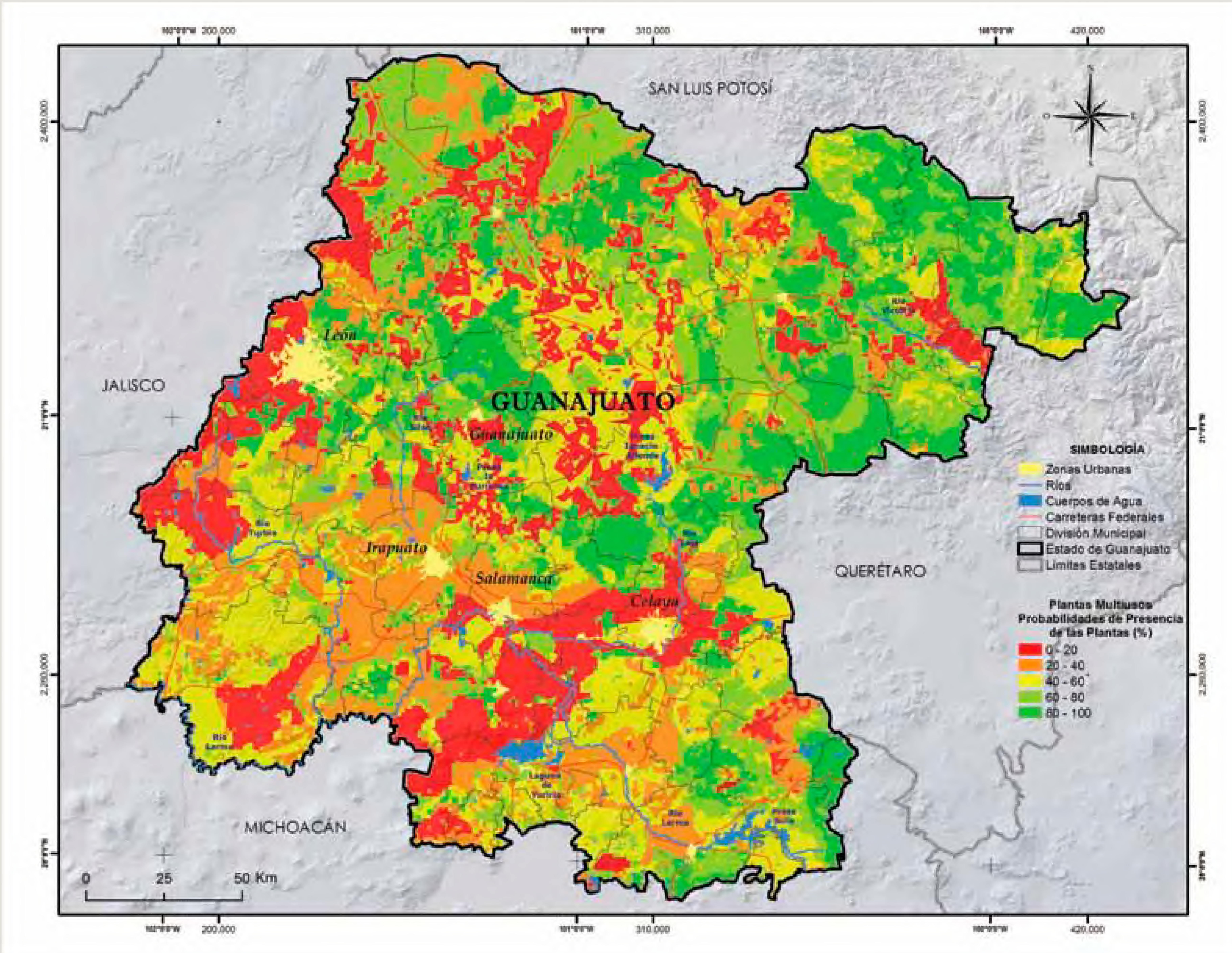


Figura 4. Distribución potencial de 20 especies vegetales multiuso en el estado de Guanajuato. Los diferentes tonos indican áreas potenciales de distribución, rojo: presencia limitada; verde: elevada probabilidad.

contrar especies útiles se localiza en las serranías de Guanajuato, tanto en la Sierra Madre Oriental como en las sierras del norte, la de Santa Rosa y la Sierra Volcánica Transmexicana, incluyendo la de Los Agustinos y los cerros Zamorano y Culiacán. Es probable que la mayor diversidad vegetal se encuentre en estas zonas, la cual parece estar asociada a la diversidad cultural y al origen de los diferentes grupos de habitantes, mestizos en su mayoría, algunos con influencia indígena. Consecuentemente, es en estos lugares donde la relación entre humanos y plantas debe ser más estrecha, la que se profundiza aún más debido a las limitantes en servicios urbanos y municipales. Por otro lado, gran parte de las zonas bajas y planas en el estado se han modificado con fines agrícolas y pecuarios, además del rápido crecimiento de las ciudades que se ha dado en estas zonas, por lo que disminuye la probabilidad de encontrar especies útiles. Sin embargo, los mapas de distribución indican, por otro lado, que en las serranías y los cañones de la entidad aún se tiene vegetación conservada, que ha mantenido la tradición en el uso de plantas silvestres.

Conclusiones

La diversidad florística de Guanajuato está estimada en 2 550 especies (Carranza, 2005), por lo cual las especies útiles documentadas en este trabajo representan 16% de la riqueza total del estado. De esa manera, aunque la información aquí presentada debe considerarse como preliminar, representa la base para el inicio y desarrollo de trabajos a corto, mediano y largo plazos para desarrollar proyectos de conservación y manejo específicos por grupo o categoría de usos, por región o por especies en particular. Si bien las plantas medicinales son las más abundantes para el estado, destacan también las especies forrajeras y las que tienen propiedades melíferas, por lo que representan un recurso natural de elevada importancia que debe de incluirse en las acciones de valor ambiental, cultural, social y económico del estado.

Literatura citada

Anderson, R., D. Lew y A.T. Peterson. 2003. "Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models", *Ecological Modeling* **162**: 211-232.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. "Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XX.

Carranza, E. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad Vegetal del estado de Guanajuato", México. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, Fascículo complementario XXI. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. Pp. 1-17. Pátzcuaro, Mich.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2004. Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), en *www.conabio.gob.mx/remib.*

Hernández, L., C. González y F. González. 1991. "Plantas útiles de Tamaulipas, México". *Anales del Instituto de Biología de la UNAM*, Serie Botánica **62**:1-38.

Hernández-Xolocotzi, E. 1955. "Apuntes para una clase de botánica económica", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **18**: 25-35.

Martínez, M. 1992. *Las plantas medicinales de México*, 6ª edición. México, Ed. Botas.

Ocampo Velázquez, R. 1997. *Lista florística y plantas útiles del predio El Cortijo, Dolores Hidalgo, Gto.*, tesis de licenciatura. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Terrones, R.T. del R., C. González y S.A. Ríos. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato.* Libro técnico 2. Celaya Gto., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

EL HUIZACHE (*Acacia farnesiana*)

Alejandra Mandujano Chávez | Edmundo Lozoya Gloria

El huizache (*Acacia farnesiana*) es un arbusto o árbol pequeño caducifolio de tallos múltiples con ramas espinosas y flores fragantes; en México crece en una variedad de suelos, desde arcillas pesadas hasta arenas, en suelos pobres en nutrientes y perturbados; es tolerante a salinidad alta, coloniza pastizales y es muy resistente a la quema (Parrota, 1992; Reyes-Reyes *et al*., 2002). Por estas características, en algunas regiones se le considera una plaga, sin embargo, la utilidad del huizache es subestimada: precisamente por su capacidad de crecer en suelos perturbados ofrece una opción de utilización como barrera rompevientos y como alternativa de reforestación de zonas erosionadas gracias a su capacidad de asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, lo que induce a la producción de nódulos que le permiten a la planta fijar nitrógeno. Su madera es dura, de fibra estrecha y durable, y es útil para postes, para el torneado, la ebanistería y la fabricación de mangos para herramientas; su madera seca tiene un poder calórico de 4.6 kcal/g, ideal para utilizarse como combustible (figura 1) (CONABIO, 2010).

La corteza y las vainas son ricas en compuestos fenólicos que cumplen la función de protección contra patógenos y son responsables de ciertas características de color, olor y sabor.



Figura 1. Huizache con flores y fruto (Fotografía de Oscar Báez).

Mandujano Chávez A., E. Lozoya Gloria. 2012. "El Huizache (*Acacia farnesiana*)" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 290-298.

Como ejemplos de compuestos fenólicos podemos mencionar: ligninas, flavonoides, cumarinas, furanocumarinas, estilbenos y taninos (Prieto 2006). Entre los compuestos que se han aislado de las vainas podemos mencionar: camferol, ácido gálico, ácido elágico, los dos últimos son componentes de los taninos hidrolizables (Reyes-Reyes *et al*., 2002).

Además del potencial agronómico que representa el huizache, otros productos derivados de su metabolismo secundario tienen un importante valor comercial, como son olores, colores y sabores; estas sustancias son ampliamente usadas en las industrias de perfumería, farmacia y alimentos (Croteau *et al*., 2000).

Características y distribución

Por lo general se desarrolla a la orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales) y sitios ruderales. Se le encuentra donde predominan climas cálidos y semicálidos, en regiones que tienen hasta 900 mm de precipitación anual y temperaturas que varían de 5 a 30 °C. Prospera en una gran variedad de suelos, desde muy arcillosos hasta muy arenosos: rendzina, xegorendzina, vertisol, arenoso, húmedo, caliza, yeso, lutita y aluvión; es un elemento importante de la vegetación secundaria que sucede al bosque tropical caducifolio, y es indicadora de sitios perturbados.

A pesar de ser una especie altamente distribuida en casi todo el país, la información sobre el huizache (*Acacia farnesiana*) referente al estado de Guanajuato no se encuentra reportada en la colección MEXU del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (*http://www.unibio.unam.mx*). La única información depositada en ese sitio sobre el género *Acacia* en el estado, se describe en el cuadro 1.

No se sabe la razón de esta situación, aunque probablemente se deba a que esta especie es demasiado común en México y no se ha especificado su distribución, pero también existe la posibilidad de que no se haya clasificado adecuadamente. Sin embargo, recientemente, en el estado se han realizado algunos estudios respecto a la presencia del huizache.

Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2009) mencionan que el huizache se encuentra en la región del Bajío o sea en las porciones occidental y meridional del estado de Guanajuato. Es una especie propia de pastizales y matorrales xerófilos del norte y centro del estado.

En otro estudio reciente (López-Jiménez y Martínez Díaz de Salas 2009), se menciona que el huizache (*A. farnesiana*) y el casahuate (*Ipomoea murucoides*) son las especies dominantes en la zona del cerro de Arandas, en el municipio de Irapuato, presentando los valores de importancia más altos. Para este estudio se realizaron nueve transectos de 50 m de longitud cada uno dentro del área del cerro de Arandas, en las zonas cercanas a la cabecera municipal de Irapuato, llevándose a cabo del 19 al 24 de julio del 2009 con visitas en cuatro ocasiones. Los primeros tres fueron ubicados por la calle Paseo de la Primavera en la colina de Villas de Irapuato; los dos siguientes detrás del Parque Ecológico de Irapuato; los otros tres detrás de la Deportiva Norte de la ciudad, y el último, cercano a la colonia Los Cobos. En las salidas de campo se obtuvieron las alturas de las plantas, circunferencias de los troncos y los radios de las copas para determinar la cobertura, asignando los valores de importancia. Los muestreos indicaron que el huizache tenía una densidad de 29.11, una dominancia de 28.04 y una frecuencia de 21.16 dando así un valor de importancia de 78.32 para esta planta. Esto significa que la especie con mayor densidad fue *A. farnesiana* con 115 plantas en los nueve transectos. La más dominante fue *I. murucoides* con una cobertura total de 402 m^2 debido a que las copas sobrepasaban los 4 m de diámetro. Sin embargo, el huizache fue la siguiente a pesar de que los radios no eran como los de *Ipomoea*. La cobertura era grande por el número de veces que la especie se repitió. Con referencia a la frecuencia, *A. farnesiana, Perymenium bupthalmoides* e *I. murucoides* fueron los que presentaron mayor valor.

En el apéndice de la Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR) del 15 de enero de 2009, se menciona en primer lugar al huizache como una de las principales especies de vegetación terrestre del área propuesta (FIR 2009).

En el reporte RTP-112 sobre la Hoya Rincón de Parangueo, del municipio de Valle de Santia-

Cuadro 1. Localización de especímenes de *Acacia* en el estado de Guanajuato.

Año de colecta	Año de identificación	Colector	Elevación mínima	Localidad	Municipio	Nombre científico	Notas
1986	2006	D. Seigler		62.5 millas al sur de San Luis Potosí carretera 57		*Acacia constricta* Benth	
1987	2007	Roberto Santillán Ibarra	1 550	Vereda a la Sávila		*Acacia berlandieri* Benth	Nombre común. mezquitillo. Bosque de encino perturbado con algunas áreas de cultivo, afloramiento rocoso y suelo calizo
1988	2006	Floriberto González	2 000	Rancho La Mojada, a 2 km de la comunidad de San José de Jofre	San Luis de la Paz	*Acacia constricta* Benth	Arbusto de 1-3 m; flor amarilla en racimos capituliformes; vaina constreñida. Frecuente. Nombre común huizachilla. Pastizal en lomerío. Suelo somero y pedregoso
1989	2006	E. Ventura	1 900	El rincón, 6 km al O de Cieneguilla	Tierra Blanca	*Acacia constricta* Benth	Arbusto de 4 m de alto, fruto rojo. Bosque de pino, ladera de cerro. Con: E. López
1990	2006	E. Ventura V.	1 250	Cerro de Veracruz	Atarjea	*Acacia coulteri durangensis* (Britton & Rose) L. Rico	Arbusto de 4 m de alto, flores blancas; escaso. Matorral arbustivo, ladera de cerro
1990	2006	E. Ventura V.	1 100	La Mina	Xichú	*Acacia coulteri durangensis* (Britton & Rose) L. Rico	Árbol de 6 m de alto; flores blancas, escaso. Matorral arbustivo, ladera de cerro
1991	2007	E. Ventura A.	1 200	El Puerto de Veracruz	Atarjea	*Acacia berlandieri* Benth	Arbusto de 3 m de alto, flor blanca. Escaso. Matorral arbustivo. Ladera de cerro. Con: E. López

Listado actualizado del estado de Guanajuato. Reino: Plantae, Phylum: Tracheophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Fabales Familia: Fabaceae, Género: *Acacia*. Identificadas por L. Rico. Código de la colección MEXU. Código de la Institución IBUNAM. Fuente ASTERACEAE Portal UNIBIO, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (*http://www.unibio.unam.mx*).

go, que abarca las localidades de Salamanca, Valle de Santiago, Rincón de Parangueo y Zapote de San Vicente, se menciona al huizache como parte de la riqueza específica de los principales tipos de vegetación, con un valor para la conservación de 2 (medio) (Arriaga *et al*., 2000).

En los resúmenes ejecutivos sobre impacto ambiental de distintos proyectos en diversas zonas de Guanajuato, así como los planes de desarrollo de algunos municipios del estado, se menciona muy frecuentemente que el huizache es una de las especies más abundantes que serán afectadas por el cambio de uso del suelo (Diagnóstico y programa de manejo del Parque Ecológico "El Orito" (2001); POEG, 2005; Semarnat, 2007, 2008, 2010).

En la figura 2 se muestra la distribución del huizache en el estado de Guanajuato, con base en los registros considerados en este estudio, aunque es muy probable que se encuentre en todo el estado (figura 2).

Propiedades y usos

En Guanajuato, Flores-Mejía y Salas-Araiza (2004) realizaron una colecta y revisión de las catarinitas, vaquitas, mariquitas o conchuelas como se conoce a estos insectos, de gran importancia para los ecosistemas ya que ayudan al control de plagas de importancia como las mosquitas blancas que transmiten enfermedades virales a los cultivos económicamente importantes

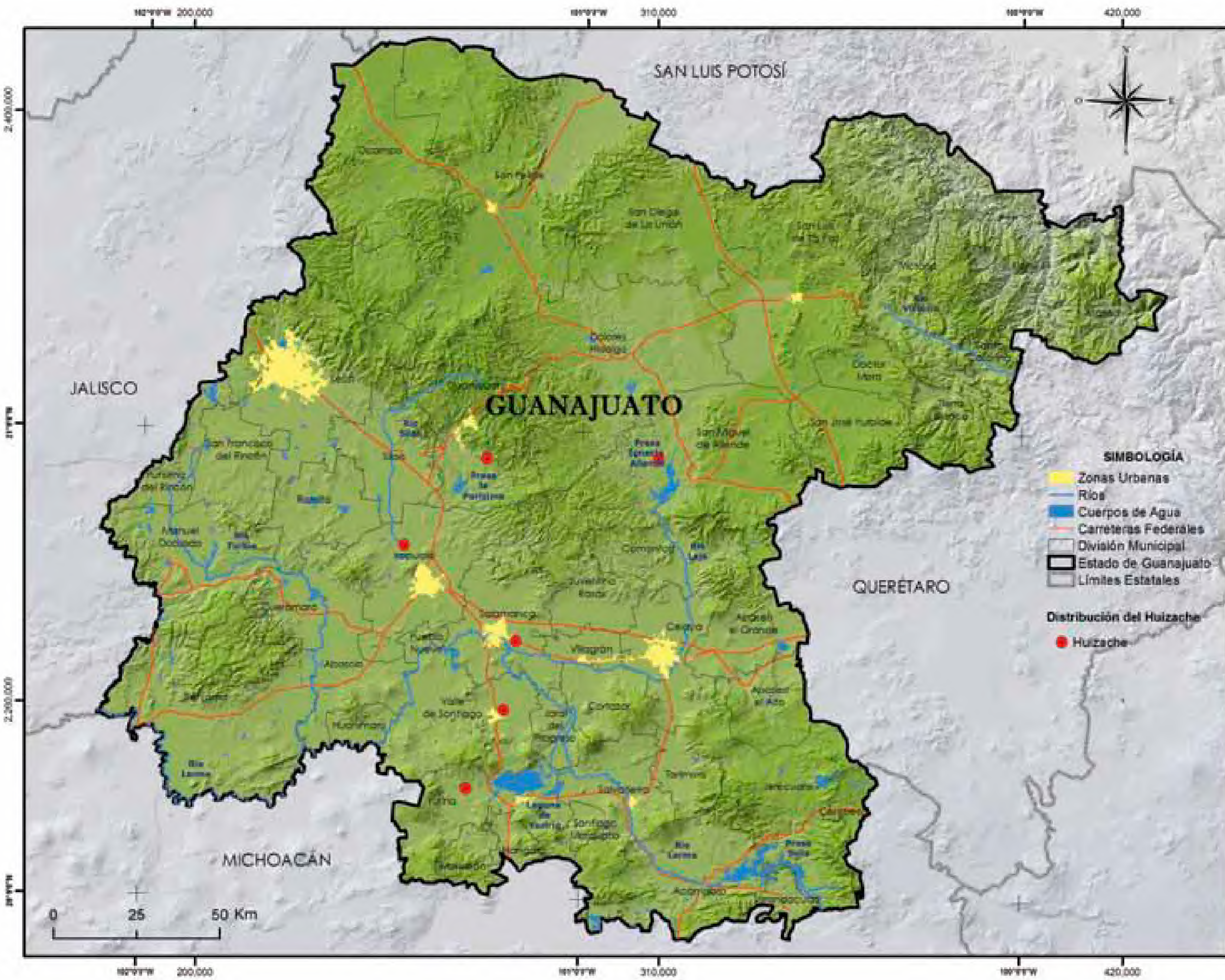


Figura 2. Distribución del huizache en el estado de Guanajuato. Los municipios con el círculo rojo son donde se han reportado especímenes de huizache (*A. farnesiana*).

como el chile y similares. Se encontró que muchas de estas catarinitas viven naturalmente en el huizache y otras plantas. Actualmente se están realizando importantes contribuciones al conocimiento de sustancias presentes en el néctar de las flores de *Acacia*, que sirven como defensa contra microorganismos nocivos a los cultivos como hongos y bacterias (González-Teuber *et al*., 2010). Con estos estudios se resalta la importancia de esta planta para microorganismos asociados, que pueden servir en el tratamiento de diferentes afectaciones en cultivos de importancia económica (Guevara-Escobar, 2010; Guevara-Escobar *et al*., 2008).

En cuanto al uso del huizache en el estado, se realizó una investigación de campo sobre el uso de plantas medicinales en la localidad Presa de San Franco, perteneciente al municipio de San Diego de la Unión, a 12 km de la cabecera municipal. Mediante conocimientos adquiridos de los antepasados, sus habitantes identifican a las plantas de *A. farnesiana* con el nombre común de huizache. Esta localidad es un lugar enriquecido por varios tipos de plantas curativas, entre las más conocidas se encuentran: la manzanilla (25%), la hierba de perro (16%), el árnica (14%), la pingüica (12%), la ruda (11%), la sábila, sangre de grado y las vainas de huizache (6%), y el cardo (4%) (Lira-Mejía, 2009). Hasta el momento, no se han documentado otros usos importantes del huizache en el estado de Guanajuato, sin embargo se debe continuar realizando estudios que permitan obtener datos relacionados.

A nivel nacional, el huizache, fue documentado como planta medicinal utilizada en el tratamiento de diversos trastornos del aparato digestivo en el estudio IMSS-Coplamar (Lozoya-Legorreta *et al*., 1988). Además, sus raíces son utilizadas para tratar dolor de garganta y como antiespasmódico, se le atribuyen propiedades como afrodisiaco, astringente, demulcente y para combatir la fiebre; el polvo de las hojas secas se usa para tratar heridas; las flores se combinan con aceites y se aplican como cataplasmas para tratar dolores de cabeza; la infusión de las flores se bebe contra la disentería, dispepsia, inflamaciones de la piel y las mucosas. Como tintura es útil para curar piquetes de insectos y en té para curar picaduras de alacrán; su fruto se aplica contra los fuegos en la boca, para afianzar la dentadura, como antiespasmódico, astringente y contra la tuberculosis (Márquez *et al*., 1999).

Los taninos de *Acacia* también son utilizados para la elaboración de productos coagulantes en el tratamiento de aguas potables y afluentes; estos productos presentan ventajas ante los productos químicos ya que son ecológicos, no alteran el pH ni la conductividad del agua y no son tóxicos. La industria sucro-alcoholera también se ve beneficiada con productos derivados de taninos de *Acacia* ya que funcionan como agentes clarificantes y sanitarios para el alcohol y azúcares.

En algunas variedades de *Acacia*, de los troncos emana una goma conocida como goma arábiga utilizada ampliamente como texturizante en la elaboración de alimentos debido a sus cualidades como espesante, gelificante y emulsificante. Recientemente, el uso de la goma arábiga como fuente importante de fibra hidrosoluble se ha incrementado notablemente, debido al interés de los consumidores por obtener productos naturales que beneficien su salud. Da textura, consistencia y al no ser metabolizada por el organismo no se considera un aporte calórico; al combinarse con grandes cantidades de agua, logra que los productos con bajo contenido calórico produzcan la sensación de saciedad así como la reducción de los niveles de colesterol (Wright, 2004).

De acuerdo con el *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana* (UNAM, s.f.) esta planta se usa principalmente para curar el empacho en algunos estados costeros de la República Mexicana, como Jalisco, en donde utilizan las raíces de huizache para prepararlas y tomarlo en ayunas; en Michoacán, cuando el empacho es causado por comer frutos inmaduros, se utiliza la cocción de la corteza; en Guerrero y Morelos se recomienda tomar el cocimiento de la corteza. Cada una de las partes de la planta se emplea en diversos padecimientos, como diarrea, tifoidea, bazo crecido, disentería, astringente, catarro, inflamación de garganta, heridas, llagas, corazón débil, dolor de cabeza, nubes en los ojos y pasmo (comezón en los ojos), actúa como antiespasmó-



Figura 3. Utilización de derivados de huizache para la industria de cosméticos. Fuente: *http://www.parfumsraffy.com/aubepineAcacia.html.*

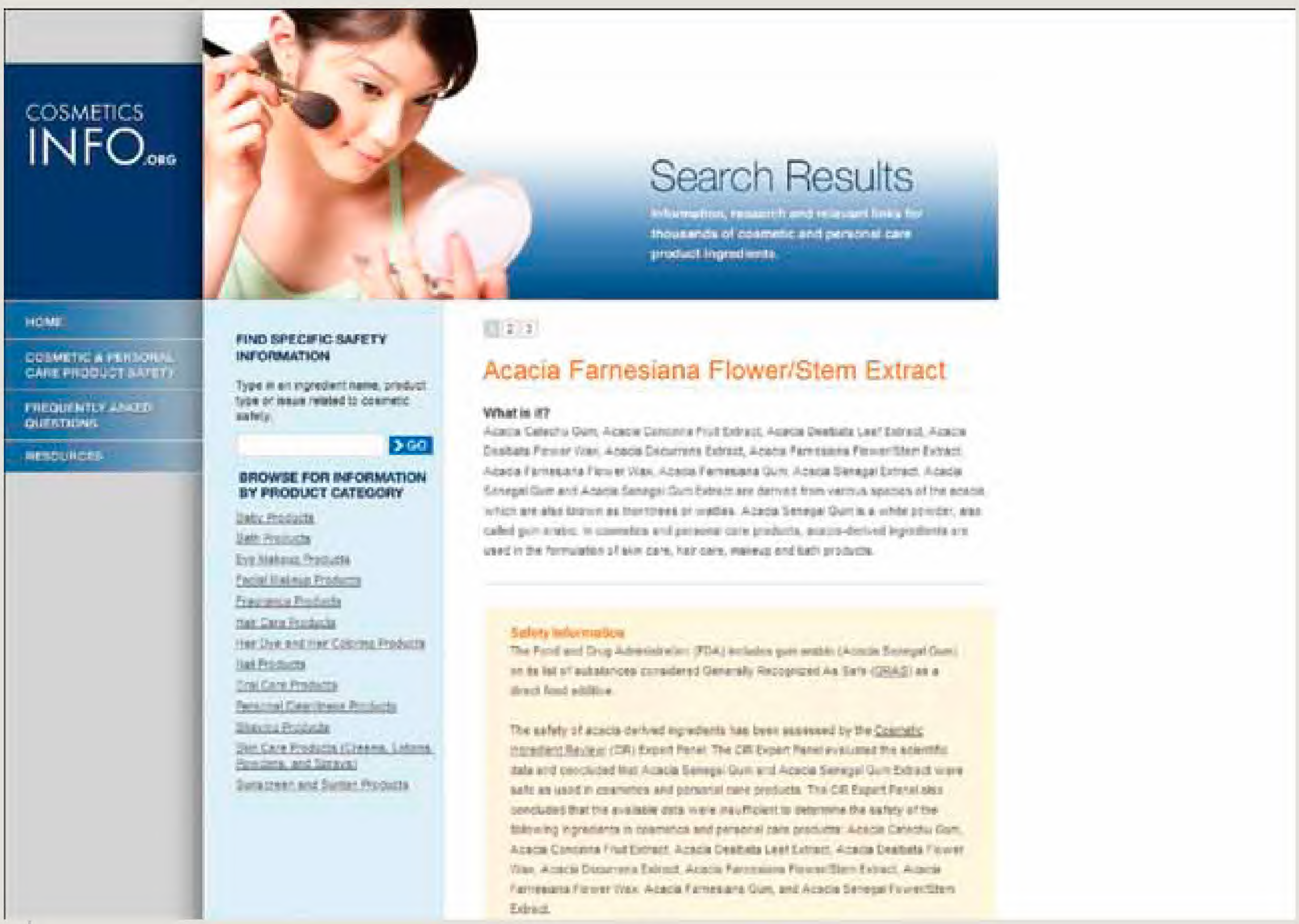


Figura 4. Utilización de derivados de huizache para la industria de cosméticos. Fuente: *http://www.cosmeticsinfo.org/ingredient_details.php?ingredient_id=576*

dico y contra la tuberculosis. En otras partes del mundo se han descrito también diversos usos del huizache como contra parásitos que causan enfermedades como Leishmaniosis y la enfermedad de Chagas en Colombia (Gallego *et al.* 2006).

El principal uso a nivel económico del huizache es probablemente como fuente de aceites esenciales para perfumes conocidos como *Acacia* (Prieto, 2006). El extracto de las flores de *Acacia* conocido como *cassia* o *cassie*, con olor a violetas, es muy cotizado y utilizado en la elaboración de perfumes (figuras 3 y 4). Un perfume es una "mezcla" de productos aromáticos provenientes de fuentes variadas, mezclados en las proporciones y diluciones justas para dar como resultado un producto de valor; los famosos perfumes Coco Chanel, Paris YSL, Clinique Happy, Champs Elysees Guerlain, son ejemplo de productos comerciales que contienen la exquisita esencia de *Acacia* (Müller y Lamparasky, 1994). Otros extractos derivados de la planta de huizache son utilizados en la elaboración de productos cosméticos por sus propiedades químicas: como activos hidratantes, nutritivos, antioxidantes, suavizantes y estimulantes (El-Hamidi y Sidrak, 1970; Lin *et al*., 2009; Perriot *et al*., 2010). Generalmente, cuando se habla de cosméticos, se piensa en productos como maquillajes, pero en realidad esta industria agrupa una gama más amplia, entre los que se incluyen artículos para higiene personal y de perfumería. Por las propiedades que presenta, la goma procedente de *Acacia* se utiliza como adhesivo, el extracto de flores como agente astringente, la cera de flores como emoliente y el extracto de hojas como acondicionador de piel; estos atributos son utilizados para la elaboración de productos como *shampoo* y acondicionadores para el cabello, así como para el control de caspa y cremas humectantes (Johnson, 2005). Actualmente, la India y China son los mayores productores de concentrado de *Acacia* para perfumes.

Conclusiones

El huizache es una planta de gran valor con una importante capacidad de adaptación en distintos territorios y que cuenta con bellas flores de aroma excepcional, las cuales, según los expertos, podrían generar divisas al país si se saben aprovechar. Esta especie, poseedora de un hermoso pasado simbólico enraizado en la mitología náhuatl, está siendo agredida por la deforestación y el maltrato en todo el país, por lo que vale la pena conocerla, rescatarla y cuidarla. Guanajuato tiene, en ese sentido, una gran ventaja ya que, a pesar de que no hay estadísticas confiables, esta planta se encuentra prácticamente en todo el estado, no requiere de riego ni cuidados especiales, como fertilización, ya que fija el nitrógeno por sí misma, no es susceptible de ser atacada por plagas, se conserva verde y florece en épocas de frío y sequía y las flores sirven de base para perfumes. Con un poco de cuidado y capacitación en zonas rurales, en donde lo único que crece es el huizache, podrían desarrollarse centros de producción sin mucha inversión ya que el recurso natural es abundante, barato y accesible. Para ello es necesario desarrollar los métodos de producción y establecer los mercados adecuados así como las cadenas de valor convenientes.

Literatura citada

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (conabio), en *http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html,* última consulta octubre de 2010.

conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2010. "*Acacia farnesiana*, Especies nativas para la reforestación", en *http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/38-legum4m.pdf*, última consulta 2 de Julio de 2012

Croteau, R., T.M. Kutchan y N.G. Lewis. 2000. "Natural Products (Secondary Metabolites)", en B.B. Buchanan, W. Gruissem y R.L. Jones (eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Rockville, Maryland, E.U.A. American Society of Plant Physiologists, pp. 1250-1343.

Diagnóstico y programa de manejo del Parque Ecológico "El Orito". 2001. En *http://www.cimat.mx:88/~gil/orito/diagnostico_manejo/diagnostico.pdf*, última consulta 2 de julio de 2012.

El-Hamidi, A. y I. Sidrak. 1970. "The investigation of *Acacia farnesiana* essential oil", *Planta Med.* **18**: 98-100.

FIR (Ficha Informativa de los Humedales Ramsar). 2009.En http://ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/48.pdf, última consulta 2 de julio del 2012.

Flores-Mejía, S. y M.D. Salas-Araiza. 2004. "Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) del estado de Guanajuato en la colección Leopoldo Tinoco Corona de la Universidad de Guanajuato", *Acta Universitaria* **14**: 8-16.

Gallego, A., F. Torres, S. Robledo *et al.* 2006. "Actividad Leishmanicida y Tripanocida de *Acacia farnesiana, Piper arieianum, P. subpedale, Sphagnum recurvum* y *Vismis baccifera* Subsp. *Ferruginea*", *Actual Biol.* **28**: 39-49.

González-Teuber, M., M.J. Pozo, A. Muck *et al.* 2010 "Glucanases and Chitinases as Causal Agents in the Protection of *Acacia* Extrafloral Nectar from Infestation by Phytopathogens", *Plant Physiology* **152**: 1705-1715.

Guevara-Escobar, A. 2010. "Aspectos para el manejo de leguminosas arbustivas en el Bajío", *México Forestal.* en *http://www.mexicoforestal.gob.mx/formacion-forestal/fondo-conacyt-conafor/manejo-de-leguminosas-arbustivas-en-el-bajio*, última consulta 2 de julio del 2012.

———, A., E. González–Sosa, H. Suzán–Azpiri *et al.* 2008. "Distribución potencial de algunas leguminosas arbustivas en el altiplano central de México", *Agrociencia* **42**: 703-716.

Johnson, W. 2005. Final report of the safety assessment of *Acacia catechu* gum, *Acacia concinna* fruit extract, *Acacia dealbata* leaf extract, *Acacia dealbata* leaf wax, *Acacia decurrens* extract, *Acacia farnesiana* extract, *Acacia farnesiana* flower wax, *Acacia farnesiana* gum, *Acacia senegal* extract, *Acacia senegal* gum, and *Acacia senegal* gum extract. *International J Toxicol* **24**: 75-118.

Lin, A.S., C.R. Lin, Y.C. Du *et al.* 2009. "Acasiane A and B and farnesirane A and B, diterpene derivatives from the roots of *Acacia farnesiana*", *Planta Med* **75**: 256-261.

Lira-Mejía, M.C. 2009. "Análisis de estudio para conocer el consumo de plantas medicinales en la localidad Presa San Franco, San Diego de la Unión Guanajuato, México" *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, núm. 119.

López-Jiménez, L.N. y M. Martínez Díaz de Salas. 2009 "Estudio florístico y de la vegetación del Cerro de Arandas en Irapuato, Guanajuato", *Memorias del Programa Verano de la Ciencia 2009 y 11° Verano de la Ciencia de la Región Centro*. Universidad Autónoma de Querétaro.

Lozoya-Legorreta, X., G. Velázquez-Díaz y A. Flores-Alvarado. 1988. *La medicina tradicional en México: experiencia del Programa IMSS-COPLAMAR 1982-1987.* México, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

Márquez, A.C., F.O. Lara, B.R. Esquivel *et al.* 1999. *Plantas medicinales de México II. Composición, usos y actividad biológica.* México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Müller, P.M. y D. Lamparasky. 1994 Perfumes: Art, science, and technology. Springer.

Parrotta, J.A. 1992. *Acacia farnesiana (L.) Willd. Aroma, huisache.* Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Nueva Orleans, E.U.A.

POEG (Periódico Oficial del Estado de Guanajuato). 2005. 2 de diciembre.

Perriot, R., K. Breme, U.J. Meierhenrich *et al.* 2010. "Chemical composition of French mimosa absolute oil" *J Agric Food Chem* **58**: 1844-1849.

Prieto, L. 2006. "El Huizache, aromas del pasado y porvenir", *México Forestal* **31**: 10-15.

Reyes-Reyes, G., L. Baron-Ocampo, I. Cuali-Alvarez *et al.* 2002. "C and N dynamics in soil from the central highlands of Mexico as affected by mesquite (*Prosopis* spp.) and huisache (*Acacia turtuosa*): a laboratory investigation", *Appl Soil Ecol.* **19**: 27-34.

———, E. Zamora-Villafranco, M.L. Reyes-Reyes *et al.* 2003. Descomposition of leaves of huisache (*Acacia tortuosa*) and mesquite (*Prosopis* spp.) in soil of the central higlands of Mexico", *Plant and Soil* **256**: 359-370.

Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. 2009. "Lista preliminar de los árboles silvestres del Estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXIV.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. Resumen ejecutivo 11GU2007V0010 de la manifestación de impacto ambiental del Libramiento Norponiente de la ciudad de Irapuato, Gto., de la Dirección de Medio Ambiente y Ecología del Municipio de Irapuato, Guanajuato.

———. 2008. Resumen ejecutivo 11GU2008HD127 de la manifestación de impacto ambiental del Camino de acceso a Cañada de la Virgen del Municipio de San Miguel de Allende, Gto., de la Dirección de Medio Ambiente y Ecología del Municipio de San Miguel de Allende.

———. 2010. Resumen ejecutivo 11GU2010F0015 de la manifestación de impacto ambiental, modalidad particular para el cambio de uso de suelo para el proyecto: "Fraccionamiento El Deseo" de la Dirección de Medio Ambiente y Ecología del Municipio de San Miguel de Allende, Guanajuato.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). s.f. *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Biblioteca Tradicional Mexicana*, en *www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx*, última consulta marzo de 2011.

Wright, T. 2004. *Fortifying with fibers, starches & gums.* Nutraceutical World.

RELEVANCIA DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LOS AGAVES

Mercedes G. López

Introducción

En la última década la importancia de los agaves se ha incrementado drásticamente, debido principalmente al consumo de estas bebidas a nivel nacional e internacional. La popularidad de los agaves también se debe al conocimiento del tipo de carbohidratos presentes en este cultivo (graminanos o agavinas), ya que éstos intervienen en una muy diversa gama de actividades fisiológicas y funcionales, lo que presenta un enorme potencial para nuevos usos.

El agave es un cultivo de gran relevancia económica en México, principalmente por su uso en la elaboración de bebidas alcohólicas con denominación de origen, tales como tequila, mezcal, sotol y bacanora (López y Dufour 2001). México es el centro de diversificación de este género, del que se conocen alrededor de 310 especies a nivel mundial, de las cuales 272 se encuentran en nuestro país (García-Mendoza y Galván, 1995). Los especímenes de este género crecen en zonas áridas y semiáridas debido a un mecanismo de adaptación muy eficiente ya que realizan el metabolismo del ácido de las crasuláceas, conocido como MAC, que les permite sobrevivir bajo condiciones de alta temperatura y poca precipitación (Santamaría *et al.*, 1995; Nobel y Linton, 1997).

Otras características importantes del agave

A mediados del siglo pasado Sánchez-Marroquín y Hope (1953) reportaron por primera vez evidencias sobre la presencia de fructanos en diversas variedades de *Agave tequilana*. Por otra parte, existen varios reportes sobre la presencia de fructanos en otras especies, por ejemplo, Aspinall y Das Gupta. (1959), Satyanarayana (1976*a, b*) y Dorland *et al.* (1977) reportaron la presencia de oligosacáridos y fructanos en *A. veracruz*. Bathia y Nandra (1979) reportaron la existencia de inulina en *A. americana*. Estos trabajos confirmaron el potencial de los agaves en la biosíntesis de fructanos, posteriormente, Wang y Nobel (1998) publicaron la existencia de fructanos tipo neoserie en *A. deserti*. Después de 50 años del primer reporte sobre la presencia de fructanos en *Agave tequilana*, López y colaboradores (2003) publican por primera vez a

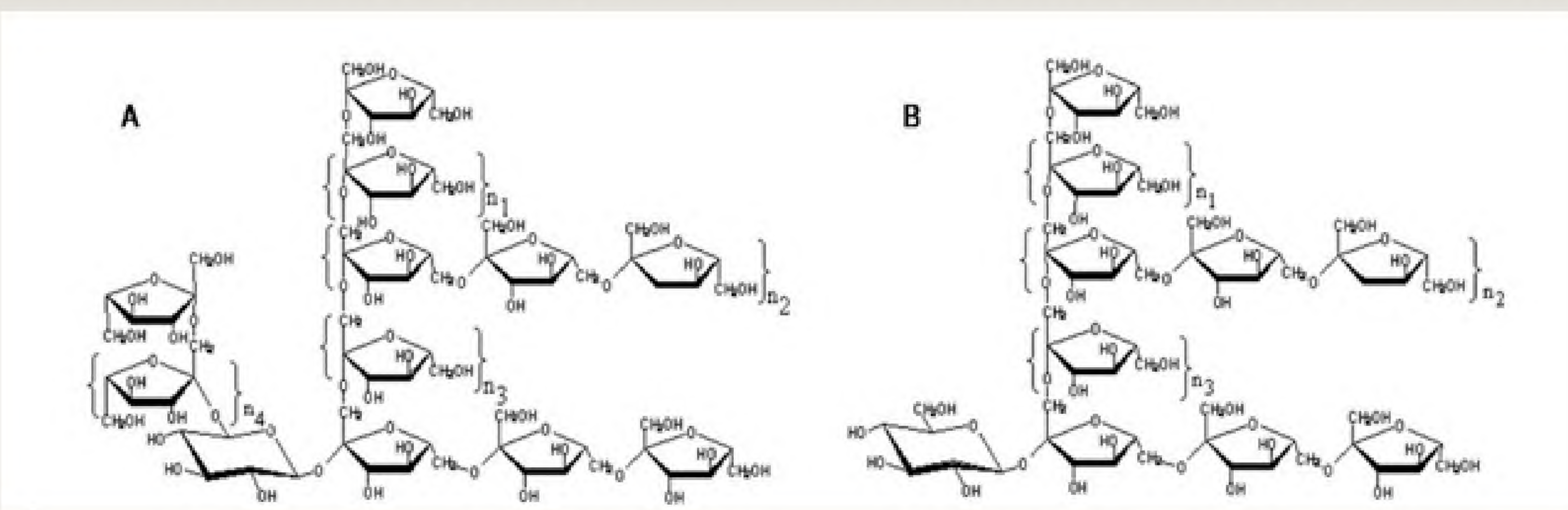


Figura 1. Estructura base de los fructanos de *Agave tequilana* variedad azul.

López Pérez , M. G. 2012. "Relevancia de los productos derivados de los agaves" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 299-301.

detalle la estructura molecular de los fructanos presentes en *A. tequilana* (figura 1). Más recientemente, Mancilla-Margalli y López (2006) reportan dos diferentes familias de fructanos en varias especies de *Agave y Dasylirion*.

Los fructanos más estudiados y comercializados en el mundo son del tipo de la inulina, obtenidos principalmente de las raíces de achicoria (*Cichorium intybus*) y alcachofa (*Helianthus tuberosus*). El potencial de los fructanos como ingredientes en alimentos y bebidas con beneficios para la salud humana es ampliamente conocido (Roberfroid y Delzenne, 1998), presentes también en la dalia (*Dahlia variabilis*) y la cebolla (*Allium cepa*), entre otros. Los beneficios en la salud se deben fundamentalmente a la presencia de los enlaces (2-1) y (2-6); asimismo se conoce que desempeñan una función muy relevante en la fisiología de las plantas, principalmente en su resistencia a condiciones adversas tanto de calor como de frío, así como de estrés hídrico. Un aspecto indispensable para el conocimiento puntual de la o las estructuras de estos fructanos —y su relación con funciones como absorción de minerales, prebióticos, diabetes, anticancerígenos, mejoradores del sistema inmune, por mencionar algunos— es sin duda la evolución de herramientas analíticas y bioquímicas. Por lo cual, antes de establecer una relación entre el potencial de los fructanos en agaves, fue necesario investigar y conocer de forma pormenorizada la estructura de los carbohidratos presentes en varias especies (*A. tequilana, A. angustifolia y A. potatorum*), por lo que esta investigación trata del camino que se siguió para contestar a: ¿son los fructanos de agaves iguales a los ya conocidos en otros cultivos?

Para responder se han realizado diversos estudios de técnicas moleculares en el Laboratorio de Química de Productos Naturales del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Irapuato, que han permitido conocer la estructura puntual de los fructanos de tres especies del género *Agave* que se distribuyen en Guanajuato, sustancias que, como se discutió con anterioridad, tienen potencial nutracéutico (pueden ser alimentos o parte de alimentos que proveen beneficios médicos o a la salud, incluyendo la prevención y tratamiento de enfermedades (Dharti *et al*., 2010) tanto en sistemas bacterianos *in vitro* como en sistemas *in vivo*. Entre los beneficios que se están observando es el de bajar los niveles de glucosa y colesterol en sangre, así como el incremento de GLP-1, hormona secretada en intestino grueso y relacionada con diabetes, y el decremento de grelina, hormona secretada en estómago, responsable del incremento de apetito.

Se contempla como una oportunidad para usar este componente de la biodiversidad del estado en una escala que permita generar ingresos económicos y, por lo tanto, mejorar las condiciones de su población. Asimismo, los fructanos de agaves, al igual que las inulinas de achicoria podrían ser utilizados como prebióticos, suplementos alimentarios, sustitutos de grasa y edulcorantes, por mencionar sólo algunos (López y Urías-Silvas, 2007), para lo que es necesario investigar a detalle cada de uno de estos aspectos.

Literatura citada

Aspinall, G.O. y P.C. Das Gupta. 1959. "The structure of the fructosan from *Agave veracruz* Mill", *Journal of the American Chemical Society* 81: 718-722.

Bathia, I.S. y K.S. Nandra. 1979. "Studies on fructosyl transferase from *Agave americana*", *Phytochemistry* 18: 923-927.

Dharti T., S. Gandhi y M. Shah. 2010. "Nutraceuticals-Portmanteau of Science and Nature", *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 5*:33-38, en http://globalresearchonline.net/journalcontents/volume5issue3/Article-006.pdf,* última consulta 19 de Junio del 2012

Dorland, L., J.P. Kamerling, J.F.G. Vliegenthart *et al.* 1977. "Oligosaccharides isolated from *Agave veracruz*", *Carbohydrate Research* **54**: 275-284.

García-Mendoza, A. y V.R. Galván. 1995. "Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México", *Boletín de la Sociedad Botánica* de México **56**: 7-24.

López, M.G. y J.P. Dufour. 2001. "Tequilas: Charm analysis of blanco, reposado, and añejo tequilas", en J.V. Leland, P. Schieberle, A. Buettner *et al.* (eds.), *Alcoholic beverages*. Washington, D.C., ACS, pp. 62-72.

———, M.G., N.A. Mancilla-Margali y G. Mendoza-Díaz. 2003. "Molecular structures of fructans from *Agave tequilana* Weber var. azul", *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* **51**: 7835-7840.

———, M.G. y J.E. Urías-Silvas. 2007. "Prebiotic effect of fructans from Agave, Dasylirion, and Nopal", *Acta Horticulturae* **744**: 397-404.

Mancilla-Margalli, N.A. y M.G. López. 2006. "Non-structural carbohydrates and fructan structure patterns from *Agave* and *Dasylirion* species", *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* **54**: 7832-7839.

Nobel, P. y M.J. Linton. 1997. "Frequencies, microclimate and root properties for three codominant perennials in the northwestern Sonoran Desert on north- vs. south-facing slopes", *Annals of Botany* **80**: 731-739.

Roberfroid, M.B. y N.M. Delzenne. 1998. "Dietary fructans", *Annual Reviews of Nutrition* 18: 117-143.

Sánchez-Marroquín, A. y P.H. Hope. 1953. "Agave juice: fermentation and chemical composition studies of some species", *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* 1: 246-249.

Santamaría, J.M., J.L. Herrera y M.L. Roberts. 1995. "Stomatal physiology of a micropropagated CAM plant, *Agave tequilana* (Weber)", *Plant Growth Regulation* **16**: 211-214.

Satyanarayana, M.N. 1976*a*. "Biosynthesis of oligosaccharides and fructans in *Agave veracruz*: Part II – biosynthesis of oligosaccharides", Indian *Journal of Biochemistry and Biophysics* **13**: 398-407.

———. 1976*b*. "Biosynthesis of oligosaccharides and fructans in *Agave veracruz*: Part III –biosynthesis of fructans", *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics* **13**: 408-412.

Wang, N. y P. Nobel. 1998. "Phloem transport of fructans in the crassulacean acid metabolism species *Agave deserti*", *Plant Physiology* **116**: 709-714.

PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL PAIXTLE (*Tillandsia recurvata*) EN ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS DEL ESTADO DE GUANAJUATO: UNA OPCIÓN DE USO COMO FORRAJE

Juan T. Frías-Hernández | Victor Olalde-Portugal | Rafael Ramírez-Malagón

Introducción

El paixtle (*Tillandsia recurvata*) es una especie epífita, de la familia de las bromeliáceas, que vive en zonas de clima árido y semiárido, siendo frecuentemente la única especie fanerógama epífita presente en la vegetación. Existen muchas otras especies de hábitos epífitos en México, pero son pocas las que se presentan bajo las condiciones de baja humedad como *T. recurvata*.

Crece sobre rocas, árboles, nopales y alambres; mide de 12 a 13 cm de altura; no tiene raíces y toma el agua de la lluvia y del ambiente; tiene hojas dísticas ovaladas con limbo linear gris escamosas, espiguillas erguidas, delgadas bifloras con una bráctea filiforme y larga en la base, cápsula cilíndrica de más o menos 25 mm de largo (Zavala, 1991).

Afecta a las plantas soporte ya que les roba luz solar y por ende disminuye su fotosíntesis; si el número de individuos es muy grande las ramas del soporte no resisten el peso y tienden a romperse (Daubenmire, 1979; De la Garza, 1989). Un efecto negativo de *T. recurvata* sobre sus huéspedes también se presenta cuando logra circundar totalmente a las ramas, causando su estrangulamiento al evitar el paso de la savia, por lo que las ramas se secan a partir de la inserción del garfio.

Si bien esta especie es considerada como una plaga forestal, tiene aspectos positivos, entre los que se pueden mencionar que en la región norte de Guanajuato es usada como material junto con ramas de diferentes árboles para construir presas filtrantes en obras de retención de suelo y agua; potencialmente puede ser usada como sustrato para producir hongos comestibles por su contenido de fibra (celulosa, lignina y hemicelulosa); también se menciona que macerándola en agua se produce un shampoo de excelentes cualidades, además de usarse como adorno de los nacimientos en la época navideña (Frías-Hernández, 1998).

Sin embargo, el principal uso en el norte del estado es su aprovechamiento como forraje ya que, de acuerdo con algunos reportes (Giner *et al.*, 1988; Luna *et al.*, 1988), esta especie constituye un componente importante de la dieta de caprinos y bovinos (20.4%) en la época de estiaje; información proporcionada por productores de la región señala que también es proporcionado como alimento a ovinos, equinos y aves de corral.

El aprovechamiento del paixtle está regulado por la NOM-011-RECNAT-1996 que establece algunos criterios legales a los que debe someterse el aprovechamiento de este producto, y consigna que para su aprovechamiento no se deben derribar o dañar las especies arbóreas o arbustivas ni aprovechar este producto en aquellas especies que sirven como refugio permanente a especies de fauna silvestre, sobre todo aves y algunos mamíferos. Sin embargo, esto no ocurre y es común observar el derribamiento de árboles con paixtle para el acopio de leña y, en ocasiones, por expansión de frontera agrícola (Frías-Hernández, 1998).

En la zona norte del estado un grupo de apicultores desarrollan su actividad productiva explotando colmenas en mezquiteras (*Prosopis laevigata*) y huizacheras (*Acacia schaffneri*), donde el paixtle infesta en diferentes grados variadas especies de árboles y arbustos leñosos afectando la floración de los mismos e, indirectamente, la producción de miel y polen. Estos productores realizan actividades de limpia de paixtle y poda de ramas secundarias a los indi-

Frías Hernández, J. T., V. Olalde Portugal y R. Ramírez Malagón. 2012*a*. "Producción y características nutricionales del paixtle (*Tillandsia recurvata*) en ecosistemas semiáridos del Estado de Guanajuato: una opción de uso como forraje" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 302-305.



Figura 1. Ejemplar de *Prosopis laevigata* con infestación de *T. recurvata* (fotografía de Juan T. Frías-Hernández).

viduos afectados con el fin de disminuir el daño y aumentar la floración, sin embargo, no se tienen datos cuantitativos del porcentaje en que aumenta la floración cuando se elimina el paixtle del árbol (figuras 1 y 2).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la cantidad de paixtle por árbol y por hectárea que se produce naturalmente por acumulación, y determinar además sus propiedades nutricionales con el fin de proponer la cosecha e incorporación de esta planta como forraje complementando la alimentación de animales domésticos en pastoreo o en estabulación.

Metodología

El trabajo de campo se desarrolló en el predio El Cortijo (36 ha), ubicado a 20 km al noreste de la ciudad de Dolores Hidalgo, sobre la carretera que va de esta ciudad a San Luis de la Paz. Las coordenadas geográficas son 21º 12´ de latitud N y 100º 55´ de longitud O con una altitud de 1 906 msnm. El sitio se escogió debido a que allí se realizan labores de conservación y mantenimiento de árboles y arbustos, se podan y se obtiene miel de abeja y polen a partir de la floración de mezquites (*Prosopis laevigata*) y otras especies



Figura 2. Acercamiento en detalle *Tillandsia recurvata* en una rama de mezquite en el área de estudio (fotografía de Juan T. Frías-Hernández).

leñosas y herbáceas, además de ser un predio representativo de las condiciones ecológicas y edáficas prevalecientes en el norte de la entidad. El clima de esta zona es semiseco templado con lluvias en verano, con una precipitación que oscila entre los 400-500 mm anuales. Las temperaturas promedio en la región son 32 °C máxima, 2 °C mínima, y anual 16-18 °C.

En este predio se seleccionaron aleatoriamente 20 individuos de *Prosopis levigata* y *Acacia schaffneri* de diferentes dimensiones, los cuales se podaron y despojaron de paixtle, pesando al pie de cada individuo tanto la leña como el paixtle resultante utilizando una báscula de reloj.

Se estimó la densidad/ha de las especies arbóreas señaladas utilizando el método Pares Aleatorios (Frías-Hernández, 1998) para hacer la estimación del paixtle que se puede obtener por hectárea. Finalmente, se midió el tiempo empleado para limpiar cada individuo de paixtle, tarea en la que se utilizaron tijeras, machetes, serrotes y una motosierra pequeña para cortar algunas ramas de grosor mayor a 10 cm. Todo esto se realizó en los meses de diciembre y enero que es cuando los árboles están en latencia y son poco afectados por la limpia y poda.

Aunado a lo anterior se tomó una muestra de paixtle representativa de los 20 individuos seleccionados y se realizó un análisis químico (AOAC, 1980) en el laboratorio de bromatología del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato.

Resultados y discusión

Los resultados de estimación de árboles/ha mostraron un total de 393.2 individuos/ha; en cuanto al análisis químico se encontró que el paixtle contiene una alta proporción de carbohidratos (65.2% de ELN extracto libre de nitrógeno) y baja de proteína cruda, valores similares a los de forrajes que se usan en la zona, como son las gramíneas nativas o pajas de cereales (cuadro 1).

El contenido de proteína cruda del paixtle fue de 7% evaluado en la época de estiaje, mientras que diversos zacates nativos sólo en la etapa de crecimiento tienen mayor contenido (11.3%), no así en la floración (5.6%), madurez (4.1%) y latencia (3.6%) (Jurado y Giner, 1988). Es probable que el paixtle también aumente su cantidad de proteína cruda en la época de lluvias pues es cuando más absorbe nutrimentos.

Una ventaja sobre los demás forrajes es que es una especie vegetal que no requiere de ningún insumo antropogénico para prosperar, y sus mecanismos fisiológicos adaptativos la hacen desarrollarse y reproducirse en ambientes limitativos (Pagano y Sartori, 1980; Lange y Medina, 1979). Aunque ciertamente la inversión por jornales resulta alta, se contrarresta con los beneficios al mejorar y aumentar el crecimiento, floración y fructificación de los árboles y, por tanto, la cantidad de productos apícolas y de vainas en el caso del mezquite, así como la obtención de forraje.

Cuadro 1. Producción de paixtle por árbol y por ha, tiempo invertido en la poda de paixtle, características nutrimentales en un ecosistema semiárido del norte de Guanajuato.

	Tillandsia recurvata (paixtle)	*Pastos nativos
Producción de forraje		
kg/árbol	23.4	
t/ha	9.2	2.6
Inversión en jornales		
Minutos/árbol	65.3	
Jornales/ha	53.5	
Características nutrimentales (%)		
Proteína cruda	7	7.5
Grasa	1.8	2.3
Fibra cruda	14	16
E.L.N.	65.2	62.5
Cenizas	12	10
Humedad	43	34

Fuente: Jurado y Giner, 1988.
* Se agregan la producción y características nutrimentales de pastos nativos en la región.

No se ha encontrado ningún reporte de obtención de paixtle en forma cuantitativa. Los estudios se han centrado en sus mecanismos adaptativos, los problemas que causa y su intervención en la dieta del ganado bovino y caprino. De acuerdo con información de productores en la región, un árbol que se limpia de paixtle tarda entre cuatro y cinco años en volver a infestarse de esta planta, lo que sugiere a pensar en rotaciones cada cinco años para cosechar esta planta de los árboles.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados reportados en este estudio que describe la cantidad de biomasa por árbol por ha y sus propiedades nutritivas, se propone la utilización del paixtle (*Tillandsia recurvata*) como forraje complementario para la alimentación de rumiantes (bovinos, caprinos, ovinos) y equinos (caballos y burros), ya sea en pastoreo o inclusive en estabulación, principalmente en regiones con escasa precipitación y baja disponibilidad de forrajes; esto tendría como beneficios una mayor abundancia sin inversión de insumos agronómicos y la eliminación de una planta que reduce la fotosíntesis de los árboles y arbustos importantes en la producción de miel de esta zona del estado.

Literatura citada

AOAC (Association of official agricultural chemist. 1980. Oficial methods of analysis of the association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., E.U.A.

Daubenmire, R.F. 1979. *Ecología vegetal*, 3ª ed. México, Limusa.

De la Garza, R.F. 1989. *Boletín informativo sobre la infestación de Tillandsia recurvata en los bosques del suroeste del estado de Tamaulipas*. Gobierno del Estado de Tamaulipas.

Frías-Hernández, J.T. 1998. Papel del mezquite (*Prosopis laevigata*) en la sustentabilidad de un ecosistema semiárido, tesis de doctorado. Cinvestav, Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Giner, C.A., A. Alcocer y J. Peña. 1988. *Composición botánica de la dieta de bovinos en pastoreo a través del año en un pastizal del noroeste de Jalisco*. Resúmenes de la Unión Ganadera Regional de Jalisco (CIPEJ). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)/Gobierno del Estado de Jalisco/Unión Ganadera Regional de Jalisco (CIPEJ).

Jurado, P. y A. C. Giner 1988. *Composición química de zacates nativos del Altiplano Jalisciense*. Resúmenes CIPEJ. INIFAP/SARH/Gobierno del Estado de Jalisco/CIPEJ.

Lange, O.L y E. Medina. 1979. “Stomata of the plant *Tillandsia recurvata* respond directly to humidity”, *Ecology* **40**: 357-364.

Luna, L.M., G. Chávez, G.A. Aguado *et al*. 1988. *Composición botánica de la dieta de caprinos en pastoreo en un matorral micrófilo del noreste de Jalisco*. Resúmenes CIPEJ. INIFAP/SARH/Gobierno del Estado de de Jalisco/CIPEJ.

Pagano, S. y A.A. Sartori. 1980. “Annual variation of nitrogen, phosporous and potassium in the leaves of two epiphyte bromeliaceae”, *Revista Brasileira de Biologia* **40**: 25-30.

Zavala, F. 1991. “Evaluación del esfuerzo reproductivo en *Tillandsia recurvat*a L. en diferentes condiciones de humedad disponible”, *Revista Chapingo* **75**: 85-90.

CHILCUAGUE (*Heliopsis longipes*) UNA ESPECIE CON GRAN POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO Y FARMACOLÓGICO EN ESPERA DE SU VALORACIÓN ECONÓMICA

Jorge Molina Torres

La especie *Heliopsis longipes*, también llamada chilcuague o raíz de oro, es una hierba que pertenece a la familia Asteraceae o Compositae y como el nombre de la familia lo indica presenta una inflorescencia en forma de estrella de color amarillo (Aster, del griego, "estrella") (figura 1). Es conocida y apreciada desde tiempos precolombinos, aunque a partir de la llegada de los europeos ha sido menospreciada y es frecuentemente confundida con otras especies por una caracterización inadecuada (Hernández, 1615; Little, 1948; Martínez, 1994).

El género *Heliopsis*, distribuido desde la región de las grandes planicies y el oriente de los Estados Unidos hasta Bolivia está representado por 14 especies, de las cuales 10 se encuentran en nuestro país y de éstas, ocho son endémicas. Las especies de distribución restringida, localizadas en un área geográfica reducida, son: *H. filifolia*, que se ubica en Cuatro Ciénegas, Carneros y Puerto Colorado, Coahuila; *H. sinaloensis* en Sinaloa; y, en el centro del país, *H. longipes* en la Sierra Gorda, en la región que colinda con los estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Querétaro (García-Chávez *et al*., 2004).

Heliopsis longipes es la especie del género con aplicaciones más diversas. Tiene una larga tradición en la herbolaria indígena: anestésico local, insecticida, saborizante, etc., tal como lo indican sus diferentes nombres de origen náhuatl: ichcha, (citado en la obra de Francisco Hernández *De historia plantarum Novae Hispaniae*); chilcuán, que significa chile de víbora; chilmécatl, de chili, chile y mecate de mécatl, aludiendo a las raíces filiformes y al sabor picante de éstas, (Martínez, 1994) (figura 1); y chilicuau, nombre que se usa en el municipio de San Joaquín, Querétaro. El nombre más común en Guanajuato es



Figura 1. *Heliopsis longipes*, chilmecatl o raíz de oro (fotografía de Jorge Molina Torres).

Molina Torres, J. 2012. "Chilcuague (*Heliopsis longipes*) una especie con gran potencial biotecnológico y farmacológico en espera de su valoración económica" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 306-309.

chilcuague, el más difundido en la actualidad a pesar de la dificultad inicial para memorizarlo.

Martínez (1994) reconoce numerosas aplicaciones medicinales; tradicionalmente se ha utilizado como anestésico local, en el dolor de muelas y en el tratamiento de resfriados; como condimento acompañando o no al chile, de donde origina su nombre náhuatl; como estimulante del apetito y suavizante del aguardiente, entre otros usos. En la actualidad ha aumentado su importancia en el área biotecnológica y se estudia su aplicación en actividades agrícolas, como bactericida y fungicida, con ventajas que superan la actividad de compuestos sintéticos de aplicación comercial. Los compuestos bioactivos descritos en las raíces de esta planta son alcamidas, esto es, compuestos resultado de la condensación de una amina con una cadena acídica similar a la de un ácido graso; la más abundante, por mucho, de las 14 alcamidas es la afinina. Además de las propiedades antes mencionadas, ha mostrado tener una actividad hormonal que estimula el desarrollo de especies vegetales incluidas varias de explotación agrícola. Por otra parte, las alcamidas acetilénicas han mostrado potencial en el combate de tuberculosis (Cabral de Anda, 2006). Actualmente, la afinina, también denominada espilantol, es aislada y procesada para aplicaciones biotecnológicas; el compuesto también es exportado de Brasil a partir de la especie *Acmella*, que contiene esta alcamida en las partes verdes, lo que hace muy difícil su aislamiento. Debido a sus propiedades insecticidas y la gran eficacia de los extractos de las raíces fue reconocida por investigadores de los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial como un potente insecticida inocuo a los animales de sangre caliente. Por este motivo fue colectada de la Sierra Gorda para el uso de sus tropas en Europa, lo que redujo drásticamente su distribución en forma silvestre (Little, 1948).

Consciente de su utilidad como insecticida y su limitada disponibilidad, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos se involucró en la búsqueda de otras especies del mismo género dentro de su territorio. Así, de *Heliopsis scabra* se aisló la escabrina, una alcamida insecticida presente en sus raíces (Jacobson, 1951), pero ésta mostró una alta toxicidad para mamíferos (Roark, 1951). Cabe mencionar que los ejemplares originalmente etiquetados como *H. scabra*, encontrados en el herbario de la Universidad de Texas en Austin, han sido renombrados como *H. parvifolia* y *H. helianthoides* y en la actualidad solamente se reconoce la subespecie *H. helianthoides* subsp. *scabra* (Fisher, 1957). Por otro lado, hoy en día la existencia de estructura de la escabrina (N-isobutil-1,3,7,9,14-octadodeca-pentadienamida) no ha podido ser confirmada, ni se resolvió la isomería (la orientación de sus ligaduras), por no haberse aislado nuevamente.

A pesar de la euforia de su exportación, el chilcuague no se extinguió pero la población silvestre se vio severamente reducida. Originalmente su área de distribución era al sur y suroeste de la Sierra de Álvarez en San Luis Potosí, aunque de acuerdo con Little (1948) se localizaron ejemplares en la parte noreste de Guanajuato, en la Sierra Gorda, cerca de la carretera desde San Luis de la Paz en dirección oriental a Xichú hasta Santa Catarina, y en la región norte de Querétaro. A más de 50 años de este informe la distribución sigue siendo más o menos similar. En estas regiones de Guanajuato y Querétaro se ha cultivado el chilcuague en forma limitada en las orillas de parcelas, a la sombra de algunos árboles y otros lugares protegidos del pastoreo. Sin embargo, las poblaciones naturales de esta planta se encuentran muy reducidas, por lo que la raíz de oro debe considerarse como una especie altamente vulnerable a la extinción (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2008).

Después de mucho esfuerzo y seguimiento ya es posible observar terrenos dedicados completamente a plantíos de esta especie (observación personal). Las personas que lo cultivan indican que a partir de la propagación por esqueje, y en algunos casos por semilla, el desarrollo total de las raíces transcurre de dos a tres años. Existe en la actualidad un esfuerzo del gobierno por el establecimiento de cultivos de chilcuague para garantizar los ingresos de la población en las regiones mencionadas. El precio de esta raíz puede ser satisfactorio para el productor, pero no existe un mercado suficientemente grande y estable fuera de la región de producción.

Los primeros registros disponibles de esta especie pueden encontrarse en la literatura de la época colonial temprana, basados en la obra de Francisco Hernández, incluyendo, por ejemplo, los *Quatro libros de la natvraleza*, editada por Ximénez (1615) en su "Libro Segundo, cap. VII de la yerba llamada Chilmecatl". Más recientemente, Noriega (1902) en su *Curso de historia de drogas* la menciona en relación con el reemplazo del peritre de África: "... Se suele sustituir con la raíz del chilcuam o peritre del país. *Erygeron affinis* (*sic*), que abunda en los alrededores de México y es probablemente la misma raíz abundante en la Sierra de Querétaro, conocida con el nombre de chilcuau" (*sic*). Es probable que esta incertidumbre esté relacionada con el error que se cometió en la identificación de las raíces cuando Acree y colaboradores aislaron por primera vez la afinina, como se señala más adelante (Acree, 1945).

Como se mencionó antes, aunque se ha promovido el cultivo agrícola de esta especie a escala rural y se comercializa en mercados de la región colindantes a la Sierra Gorda, existen demandas potenciales importantes aún no explotadas, siendo este el punto limitante de la comercialización. Consecuentemente, las familias de la región de cultivo en la Sierra Gorda se enlistan en las sociedades de productores de chilcuague, más que por el cultivo de la planta y su venta, para recibir el subsidio que se ofrece periódicamente a este grupo de productores de la región más pobre del estado de Guanajuato.

La importancia de esta especie radica en su actividad como estimulante del crecimiento y desarrollo de la arquitectura radicular de plantas y el incremento del peso de partes aéreas de especies de importancia agrícola. Además, favorece la expresión de genes de resistencia, interfiere con los de patogenicidad mediados (Méndez-Bravo *et al*., 2011). Por la parte farmacológica, la afinina ha mostrado actividad antiinflamatoria (Hernández *et al*., 2009), y en conjunto con alcamidas homólogas se ha mostrado que son estimulantes del sistema inmune (Gertsch, 2008).

En conclusión, esta especie herbácea es la que produce mayor cantidad de alcamidas, lo que se traduce en un gran potencial biotecnológico. Al incorporar el chilcuague en los programas de cultivo agrícola, promover su desarrollo y explotarlo en forma adecuada, puede favorecer el desarrollo tecnológico de la región y beneficiar al mismo tiempo y en el mejor de los casos a los habitantes de la región más marginada del estado de Guanajuato, la región de la Sierra Gorda.

Literatura citada

Acree, F., M. Jacobson y H.L. Haller. 1945. "The structure of affinin, the insecticidal amide from Erigeron affinis D.C.", *Journal of Organic Chemistry* **10**: 449-451.

Cabral de Anda, E. 2006. *Actividad antifímica de extractos de plantas endémicas de México contra cepas de Mycobacterium tuberculosis*. Chihuahua, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Fisher, T.R. 1957. "Taxonomy of the genus Heliopsis (Compositae)", *Ohio Journal of Science* **57**: 171-191.

García-Chávez, A., E. Ramírez-Chávez y J. Molina-Torres. 2004. "El Género *Heliopsis* (Heliantheae; Asteraceae) en México y las alcamidas presentes en sus raíces", *Acta Botánica Mexicana* **69**: 115-131.

Gertsch, J. 2008. "Immunomodulatory lipids in plants: plant fatty acid amides and the human endocannabinoid system", *Planta Medica* **74**: 638-650.

Hernández, F. 1615. "De la yerba llamada Chilmecatl", libro segundo, capítulo VII. en F. Ximénez (ed.), *Quatro libros de la naturaleza, y virtudes de las plantas y animales que están receuidos en el uso de medicina en la Nueva España*. México, viuda de Diego López Dávalos, p. 75.

Hernández, I., L. Márquez, I. Martínez *et al*. 2009. "Anti-inflammatory effects of ethanolic extract and alkamides-derived from *Heliopsis longipes* roots", *Journal of Ethnopharmacology* **124**: 649-652.

Jacobson, M. 1951. "Constituents of *Heliopsis* Species. I. Scabrin, and Insecticidal Amide from the Roots of *H. scabra* Dunal", *Journal of the American Chemical Society* **73**: 100-103.

Little, E.L. 1948. "*Heliopsis longipes*, a Mexican insecticidal plant species", *Journal of the Washington Academy of Sciences* **38**: 269-274.

Martínez, M. 1994. "Chilcuán", en *Las plantas medicinales de México*, 6ª ed. México, Editorial Botas, pp. 113-115.
Méndez-Bravo A., C. Calderon-Vázquez, E. Ibarra-Laclette *et al*. 2011. "Alkamides Activate Jasmonic Acid Biosynthesis and Signaling Pathways and Confers Resistance to *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis thaliana*". *Plos ONE* **6**: e27251.
Roark, R.C. 1951. "Scabrin a new botanical insecticide", *Soaps and Sanitary Chemicals* **27**: 125-137.
Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2008. "Compositae Tribu Heliantheae I (géneros Acmella-Jefea)", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 157.

Los usos de los virus de plantas de la región del Bajío

Laura Silva Rosales

En general, hay una amplia variedad de virus que infectan a muchas especies vegetales. Las arquitecturas virales son predominantemente de dos tipos: icosahédricas (tipo esfera) o helicoidales (tipo filamento o varilla), que son independientes de la composición química de la partícula viral. Los componentes virales son: un genoma que puede ser de RNA o DNA, una envoltura de proteínas y, en pocos casos, una envoltura lipídica. Las cubiertas de las proteínas ofrecen la ventaja de poseer estructuras tridimensionales altamente organizadas, por lo cual se han usado recientemente como plantillas, templados o moldes para depositar diferentes materiales (Lee *et al*., 2002). El virus de plantas que ya se ha usado como biotemplado para generar nanomateriales es el virus del mosaico del tabaco (TMV, por sus siglas en inglés) de varilla rígida y de aproximadamente de 500 nm de longitud.

La superficie proteica de la cubierta (PC) o cápside viral es muy rica químicamente y ofrece amplias posibilidades para formar bionanomateriales de acuerdo al material precursor que se seleccione para depositar (Slocik *et al*., 2005). La PC tiene una región expuesta al ambiente del virión, que resulta ser altamente variable en los potyvirus, y una interna asociada al genoma. Esta variabilidad química, reflejo de una biodiversidad de las poblaciones virales, permite explorar y estudiar a nivel detallado la arquitectura superficial de las diferentes variantes (Silva-Rosales *et al*., 2000). El conocimiento de las diferencias en las ultraestructuras superficiales de los viriones hará posible entender no solamente el comportamiento biológico de las variantes virales, sino de contar con una colección de biotemplados para la generación de nanomateriales con diferentes acomodos y, por lo tanto, diferentes comportamientos biofísicos.

Las especies pertenecientes al grupo de Potyvirus (*Potyviridae*, es el nombre formal de la familia taxonómica a la que pertenecen) presentan un genoma de RNA y una arquitectura helicoidal (flexible). En el Bajío se han colectado las siguientes especies: virus del mosaico común del frijol (BCMV, por sus siglas en inglés) (figura 1); virus del mosaico común de la necrosis del frijol (BCMNV); virus del rayado amarillo del poro que infecta ajo (LYSV) y virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV); los cuales fueron caracterizados por Silva-Rosales *et al.* (2000), Flores-Estévez (2003), Espejel *et al.* (2006) y Noa-Carrazana *et al.* (2006). Adicionalmente, se ha estudiado al virus del mosaico de la papaya (PapMV), perteneciente a la familia *Potexviridae*, que también se ha encontrado en el Bajío y se parece a los Potyviridae pero con un tamaño menor de partícula (900 nm y 500 nm, respectivamente). Cada especie ha sido analizada en cuanto a sus características (Silva Rosales *et al*., 2000; Flores Estévez *et al*., 2003; Noa-Carrazana *et al*., 2006; Espejel *et al*., 2006). La variabilidad en la composición química de la PC de las variantes virales encontradas podría tener una repercusión en la arquitectura de la superficie de los virus que se está explorando detalladamente. Al conocer la ultraestructura fisicoquímica de los cinco diferentes virus de la región del Bajío, se obtendrán elementos para diseñar estructuras altamente organizadas con arreglos varios sobre un sustrato o una placa como son los nanodispositivos (Lee *et al*., 2002).

Las nanopartículas metálicas, especialmente las de oro, han sido ampliamente utilizadas en la detección de proteínas y marcaje de células, que permite el monitoreo de propiedades físicas como la absorción o dispersión de fotones. Se ha demostrado que este último es mayor (1014 veces) cuando se tienen aglomerados de partículas. El problema es que no se tiene control sobre los aglomerados, lo que evita la reproducibilidad. Se espera que el uso de estos virus como

Silva-Rosales, L. 2012. “Los usos de los virus de plantas de la región del Bajío” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 310-311.



Figura 1. Micrografía del virus del mosaico común del frijol (BCMV) extraído de plantas de frijol de la variedad Flor de Mayo. Cada partícula viral mide casi una micra de longitud.

moldes permita obtener dichos aglomerados en forma controlada. En conjunto con el doctor Elder de la Rosa del Departamento de Fotónica del Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., se está analizando el arreglo de las partículas bajo diferentes condiciones químicas. Se ha encontrado que, dependiendo de la especie viral, del tamaño y naturaleza química de las nanopartículas con la que se trabaje, hay diferentes comportamientos y arreglos de dichas nanopartículas metálicas con las proteínas virales. Estos resultados iniciales señalan la importancia de contar y conocer la biodiversidad de estos microorganismos en la producción de nuevos y diversos materiales.

Literatura citada

Espejel, F., D. Jeffers, J.C. Noa-Carrazana *et al.* 2006. “Coat protein gene sequence of a Mexican isolate of Sugarcane mosaic virus and its infectivity in maize and sugarcane plants”, *Archives of Virology* **151**: 409-412.

Flores-Estévez, N., J.A. Acosta-Gallegos y L. Silva-Rosales. 2003. “Bean common mosaic virus and Bean common mosaic necrotic virus in México”, *Plant Disease* **87**: 21-25.

Lee, S.W., C. Mao, C.E. Flynn *et al.* 2002. “Ordering of quantum dots using genetically engineered viruses”, *Science* **296**: 892-895.

Noa-Carrazana, J.C., D. González de León, B.S. Ruiz-Castro *et al.* 2006. “Distribution of papaya mosaic virus and papaya ringspot virus in México”, *Plant Disease* **90**: 1004-1011.

Shenton, W., T. Douglas, M. Young *et al.* 1999. “Inorganic-organic nanotube composites from template mineralization of tobacco mosaic virus”, *Advanced Materials* **11**: 253-256.

Silva-Rosales, L., N. Becerra-Leor, S. Ruiz-Castro *et a*l. 2000. “Coat protein sequence comparisons of three Mexican isolates of papaya ringspot virus with other geographical isolates reveal a close relationship to American and Australian isolates”, *Archives of Virology* **145**: 835-843.

Slocik, J.M., R.R. Naik, M.O. Stone *et al.* 2005. “Viral templates for gold nanoparticle synthesis”, *Journal of Materials Chemistry* **15**: 749-753.

GLOSARIO:

BCMV. Virus del mosaico común del frijol (Bean common mosaic virus).

BCMNV. Virus del mosaico de la necrosis común del frijol (Bean common mosaic necrosis virus).

LYSV. Virus del rayado amarillo del poro (Leek yellow stripe virus).

SCMV. Virus del mosaico de la caña de azúcar (Sugarcane mosaic virus).

PAPMV. Virus del mosaico de la papaya (Papaya mosaic virus).

TMV. Virus del mosaico del tabaco (Tobacco mosaic virus).

PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DE EDULCORANTES Y BIOETANOL A PARTIR DE MAGUEY JILOTE (*Agave mapisaga*) EN ZONAS MARGINADAS

Juan T. Frías Hernández | Luis A. Parra Negrete | Rafael Ramírez Malagón | Víctor Olalde Portugal

Introducción

El estado de Guanajuato tiene una extensión territorial de aproximadamente tres millones de hectáreas, en donde las actividades agropecuarias ocupan 90% de la superficie total. Estas actividades son las más importantes desde el punto de vista laboral, ya que, aunque ocupan el quinto lugar en la aportación al PIB estatal, generan más empleos que el resto de las actividades productivas (Inegi, 2007).

Aunque el estado cuenta con una gran superficie de riego (34%), la mayor parte de la superficie cultivada es de temporal, por lo que las producciones son inciertas ya que dependen de las condiciones climáticas. Además, en muchos casos, estas áreas no tienen ni vocación ni aptitudes para explotarse como áreas de cultivo, consecuentemente, los efectos sobre el ambiente son negativos, dando lugar a la degradación y erosión del suelo; la producción de maíz y frijol, que es la más común en estas áreas, es muchas veces errática y en ocasiones no es suficiente ni para el autoconsumo (Frías-Hernández, 1998).

Por lo tanto, se hace necesario investigar otro tipo de alternativas de explotación de los recursos de suelo, agua y vegetación, que cumpla con los siguientes requisitos: no tener impactos negativos en ambiente; presentar tasas aceptables de rentabilidad y crear empleos dignos que arraiguen a los productores en su comunidad.

Una de las opciones de explotación de recursos naturales que no afectan al suelo y al agua es el cultivo de diversas especies de agaváceas de hoja ancha como *Agave salmiana, A. mapisaga, A. americana, A. atrovirens, A. scabra*, etcétera, llamados también magueyes aguamieleros, especies que se encuentran ampliamente distribuidas en las diferentes regiones agroecológicas del estado, particularmente en la zona norte (Parra *et al.*, 2008). Este grupo de plantas fueron ampliamente reconocidas en épocas pasadas por la importancia de sus productos y subproductos en la alimentación humana y animal, y en la elaboración de utensilios, vestimenta, vivienda, cercado de terrenos, etcétera. Desafortunadamente la mayoría de los usos ya no se practican en la actualidad y muchas de estas especies están en riesgo de extinción (Bye, 1994).

En el presente trabajo se analiza el potencial de producción de aguamiel y jarabe a partir de piñas capadas-raspadas, así como el potencial productivo de bioetanol a partir de la biomasa total aérea de las piñas y pencas del maguey jilote (*A. mapisaga*) en zonas marginadas del estado.

Método

El estudio en campo se desarrolló en la comunidad rural El Coyote, municipio de Guanajuato, ubicado en la microcuenca que alimenta a la presa de La Purísima, donde se han plantado desde hace 10 años más de 150 plantas de maguey jilote (*A. mapisaga*) para la explotación de aguamiel bajo el método de "capado-raspado" o "tlachiqueo", que consiste en abrir una oquedad o cajete en la piñas de magueyes de seis a ocho años y rasparlos en el fondo para provocar el brote de la savia azucarada conocida como aguamiel, proceso que ocurre dos veces al día durante dos a cuatro meses (figuras 1 y 2).

Durante un mes se midió la producción de tres magueyes y se obtuvo la cantidad de litros emanados de cada individuo, de éstos se tomó una muestra y se midieron los grados Brix (variable que mide el contenido de sólidos totales en algún líquido y es usada como referencia al contenido de azúcares en jugos de frutas y otros) con un refractómetro. Se midió también

Frías Hernández, J. T., L.A. Parra Negrete, R. Ramírez Malagón *et al.* 2012*a*. "Productividad potencial de edulcorantes y bioetanol a partir de maguey jilote (*Agave mapisaga*) en zonas marginadas" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 312-315.



Figura 1. Planta de *Agave mapisaga* en el sitio de estudio (fotografía de Juan T. Frías Hernández).



Figura 2. Planta de *Agave mapisaga* mostrando el cajete para obtener aguamiel (fotografía de Juan T. Frías Hernández).

la cantidad de miel resultante del proceso de hervir a fuego lento, con leña, el aguamiel en un cazo de cobre durante 12 horas continuas hasta concentrar los azucares.

Con respecto a la producción de etanol a partir de las pencas, se cortaron dos pencas de cada uno de los tres individuos, se pesaron individualmente y se contó el número total de pencas por planta con el fin de estimar el peso de éstas. Se cosecharon dos magueyes (uno sin y otro con el proceso de capado-raspado), pesando cada una de sus pencas y las piñas, de las cuales se tomaron muestras de 1 kg, que se cocieron en un horno de mampostería de la tequilera Real de Pénjamo para obtener su jugo luego de ser sometidas a un proceso de prensado y extracción en una prensa de acero inoxidable manual. Las muestras del jugo fueron esterilizadas en autoclave para evitar alguna fermentación espontánea, posteriormente fueron sometidas a la acción de una cepa de *Saccharomyces cereviseae* alta rendidora de etanol a una temperatura de 36 °C; a los tres días se midió la producción de etanol en muestras de mosto fermentado en un cromatógrafo de gases del Cinvestav, Unidad Irapuato.

Con base en los resultados obtenidos y considerando que se pueden establecer 1 000 plantas/ha de esta especie de agave, se estimó la producción de los diferentes productos a partir del maguey jilote en áreas marginadas para que pudieran ser incorporadas al mercado productivo.

Resultados y discusión

1. Producción de aguamiel y jarabe.

La cantidad total de aguamiel que genera una planta madura de *A. mapisaga* es de entre 360 y 480 litros, según el tamaño y el estado de salud de la planta (Parra *et al.*, 2008). Las plantas aquí evaluadas tuvieron un rendimiento promedio diario de 3.5 l, resultantes de dos raspadas y dos extracciones por día. Este proceso de cosecha dura un poco más de cuatro meses hasta que se agota la producción y la planta es prácticamente abandonada, siendo utilizadas en ocasiones las pencas como forraje o leña. De esta manera las plantas de *A. mapisaga* aquí evaluadas, tuvieron en promedio un rendimiento de aguamiel de 420 l, lo que está dentro del rango de las evaluaciones realizadas de esta especie por Parra *et al.* (2008) en otros municipios del estado de Guanajuato, como Irapuato, Salamanca, Guanajuato y León.

En cuanto a la producción de jarabe bajo el método que el productor emplea, se utilizaron 8 l de aguamiel para producir un litro de jarabe, por lo que de cada planta se pueden obtener, en promedio, 52.5 l de miel o jarabe.

2. Producción de bioetanol.

Para el caso del bioetanol se consideraron los jugos provenientes de la biomasa total de los dos magueyes (raspado y no raspado) y de las pencas cortadas de los otros tres. El peso promedio de la biomasa total resultó en 428 kg, de los cuales 51% correspondía al peso de las pencas y 49% a la piña. En promedio, el jugo obtenido presentó 11.6 grados Brix en pencas y 10.2 en piña; el rendimiento de jugo en ambos casos fue de 60%, es decir que se producen cerca de 256 l de jugo/planta. En cuanto al porcentaje promedio de bioetanol, este resultó en 9% lo que resultaría en 23 l de bioetanol/planta.

Suponiendo que se pueden establecer en estas condiciones 1 000 plantas/ha y a los siete años (como en este caso) se pudieran raspar-capar, las cantidades que se obtendrían de los diferentes productos de aguamiel o jarabe y bioetanol serían de 420 000 o 52 500 y 23 000 l/ha, respectivamente, correspondiendo a una producción anual de 60 000/7 500 y 3 286 l/ha/año por producto.

Actualmente, el productor comercializa la miel o jarabe a 200 pesos por litro, el aguamiel a siete pesos el litro y el bioetanol industrial tiene un precio de 9.60 pesos (Sener, 2007). Sin embargo, este último es el único producto que podría tener un mercado seguro por su futura demanda en México. Por testimonios acumulados a través de cinco años (Parra, 2005) el aguamiel y el jarabe de agave, son productos edulcorantes de alto valor nutritivo, que pueden ser consumidos por personas con diabetes y de la tercera edad con beneficios en su digestión y vigorización. Sin embargo, a falta de mayor investigación, presentan un nicho de mercado reducido; además, son productos

perecederos a los que habría que agregar alguna opción biotecnológica para su conservación y alargar su vida de anaquel.

Conclusiones

Las plantaciones de maguey o agaves aguamieleros de hoja ancha, sobre todo en suelos deforestados, con pendientes, erosionados o con escaso valor agronómico, constituyen una de las pocas opciones viables de recuperación ecológica, representan, por otra parte, una alternativa para conservar tradiciones y costumbres ancestrales del uso de cadenas productivas como el aguamiel, jarabe o miel, pulque, fibras y, viéndolo de manera futurista, bioetanol. Estas cadenas, aparte de su fondo cultural y artesanal, se consideran sistemas de producción de bajo impacto ambiental.

Si se compara con la producción de temporal de maíz y frijol o de pastoreo de ovicaprinos, característicos de las zonas desérticas o semidesérticas donde hay magueyes, la rentabilidad de esta opción agroecológica es varias veces superior en términos financieros (Frías-Hernández, 2009). Además, la generación de empleos en estas zonas se incrementa por la plantación, el mantenimiento, la cosecha y el procesamiento de las materias primas obtenidas de los magueyes. En este sentido, es de hacer notar que la plantación de los magueyes de hoja ancha o "aguamieleros" y su aprovechamiento deberá hacerse en forma escalonada, es decir, es necesario planear la producción anual, por lo que hay que sustituir las plantas cosechadas por otros hijuelos para lograr una producción sostenida.

De acuerdo con lo anterior, el fomento a la plantación y aprovechamiento de las diversas especies de agave de hoja ancha representa una oportunidad de recuperación y reincorporación de terrenos marginados e improductivos en el país a actividades forestales agrícolas o pecuarias, especialmente en Guanajuato, con el fin de mejorar los beneficios ambientales económicos y sociales de una población desafortunadamente creciendo en marginación y pobreza.

Literatura citada

Bye, B.R. 1994. *Usos tradicionales de los Agaves en México.* Primer Simposio Internacional sobre Agaváceas. México, Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Frías-Hernández, J.T. 1998. *Papel del mezquite (Prosopis laevigata) en la sustentabilidad de un ecosistema semiárido*, tesis de doctorado. Cinvestav-Instituto Politécnico Nacional (IPN), Unidad Irapuato.

———. 2009. "Potencial y oportunidades de desarrollo de biocombustibles a partir de materiales no alimenticios en Guanajuato", *Boletín Ideas Concyteg* **54**: 1271-1286.

Inegi (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2007. Censo agropecuario 2007, en *www.inegi.org.mx/2007.*

Parra, N.L.A. 2005. "Aprovechamiento Integral de los Agaves, productos y subproductos", Memorias del segundo Simposio Nacional del Agave, 19 y 20 de mayo de 2005, Cd. Victoria Tamaulipas, pp. 70-81.

———, J.L. Delgado y E. López. 2008. "Rentabilidad en la producción de aguamiel y aguamiel concentrado ("miel") de tres especies de maguey de hoja ancha (*Agave* spp.) en Irapuato, Gto.", *Memorias del XXI Congreso Internacional de Empresas Agropecuarias*, 29-31 de mayo 2008. Torreón Coahuila, pp. 1246-1257.

Sener (Secretaría de Energía). 2007. *Potencialidades y viabilidad del uso del Bioetanol y Biodiesel para el transporte en México.* México, (Sener)/ BID (Banco Interamericano de Desarrollo) Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit-Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

LA BIODIVERSIDAD LE PONE SAZÓN A GUANAJUATO

Oscar Báez Montes | Emilio Vargas Colmenero | Yadira Fabiola Estrada Sillas
Landy Carolina Orozco Uribe

Introducción

Los ecosistemas proporcionan servicios ambientales esenciales para la vida diaria, como la captura y el almacenamiento de agua en acuíferos, lagos y ríos, o la producción de alimentos a partir de los ecosistemas agrícolas y pecuarios, entre varios otros (conabio, 2006).

La práctica y desarrollo de las actividades productivas desde épocas antiguas generalmente está asociado al ambiente natural, como las prácticas de recolección, domesticación, cultivo y manejo de los productos alimenticios (animales y vegetales), incluyendo las diversas formas o maneras de cocinarlos y los utensilios para procesarlos (Olivares *et al.*, s.a.). La diversidad de los usos, ya sean nutricionales, medicinales, festivos y religiosos es tan variada como la diversidad de los ecosistemas. La provisión de alimento se encuentra indisolublemente ligada a la diversidad de plantas, animales, hongos u otros organismos en una región, y al bagaje cultural de los pueblos que, sin duda, ha moldeado su gastronomía. Esto implica un aprovechamiento y conocimiento de los diferentes recursos naturales a través de actividades como la recolec-



Figura 1. Variedades nativas de maíz colectados en el anp Cuenca Alta del Río Temascatío, Salamanca (fotografía de Oscar Báez Montes).

Báez-Montes, O., E. Vargas Colmenero, Y. F. Estrada Sillas, *et al.* 2012. “La biodiversidad le pone sazón a Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 316-322.

ción, la agricultura, la pesca o la caza (y hoy también la ganadería), según el entorno.

Un claro ejemplo en el estado de Guanajuato son los indígenas chichimecas, quienes tenían una cocina basada en la recolección y caza, a diferencia de los otomíes, purépecha o mexica, quienes se basaban principalmente en la pesca y la agricultura (De Santa María, 1999).

Elementos típicos de guanajuato

Comer responde a una identidad colectiva, a un rasgo que compartimos en nuestras aparentes motivaciones individuales, gustos, aversiones y preferencias, influidos por una herencia grupal que nos enlaza, que además tiene sus antecedentes, sus saberes, sus mitos y su lectura del territorio que habita (Castro *et al.*, 2006).

En la cocina el olor, color y sabor son tres factores esenciales que invitan a degustar un alimento, y es ahí donde reside la delicia del buen sazón. La biodiversidad presenta características que permiten dar esa sazón a Guanajuato, cuando se encuentra en cada aspecto cotidiano de la vida de sus habitantes, una variedad de opciones para su consumo.

Quizá el elemento más distintivo y reconocible en la cocina de México y consecuentemente de Guanajuato es el maíz (*Zea mays*), que está presente hasta en las formas más inesperadas en la mayor parte de las manifestaciones actuales de la cultura mexicana. Caracteriza y distingue la dieta popular y los más exquisitos platillos de la alta cocina mexicana (Esteva, 2003). En Guanajuato se tienen diferentes variedades nativas de maíz (elotes cónicos colorados y cónicos negros), que aún se pueden disfrutar en los mercados locales y cocinas tradicionales (figura 1).

Desde los inicios de la colonia, los chiles (*Capsicum* spp.) fueron sazonadores indispensables en la mayoría de los platillos reinventados, desde una sencilla salsa hasta el elaborado "puchero"(cuadro 1). De la misma manera, el Amaranto (*Amaranthus* spp.) endulzado en ese entonces con miel de avispa, joconostles (*Opuntia joconostle*), capulines (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), tunas (*Opuntia streptacantha* y *O. robusta*) y chicozapotes fueron dispuestos en conserva para tiempos mejores o peores (Conaculta, 2000). Actualmente, estas conservas son utilizadas por organizaciones de productores rurales en algunos municipios de la entidad como en el municipio de Guanajuato (figura 2), San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, entre otros.

Las bebidas como el agua miel y pulque (*Agave salmiana*), así como los ponches de frutas de joconostle (*Opuntia joconostle*), membrillo (*Amelanchier denticulata*), tejocote (*Crataegus mexicana* y *C. rosei*) y otras frutas como guayaba, tamarindo y jamaica; el tradicional mezcal (*Agave americana* y *A. salmiana*) como el que se disfruta en la Sierra de Santa Rosa; la cebadina, bebida típica del municipio de León, hecha a base de grano de cebada, tamarindo y jamaica, cocidos y fermentados en un barril de madera; el colonche, bebida parecida al pulque elaborado a base de tuna, típica de Dolores Hidalgo (Rosas y Apodaca, 1998), todos forman parte de la riqueza de la biodiversidad por una parte y la diversidad cultural por otra.

Aunque Guanajuato comparte con otros estados el privilegio de ser considerada tierra de denominación de origen del tequila (Declaratoria General de Protección a la Denominación de Origen "Tequila"), el *Agave tequilana* es una especie introducida para el estado. Los municipios de Abasolo, Manuel Doblado, Cuerámaro, Huanímaro, Pénjamo y Purísima del Rincón, se encuentran considerados como territorios de denominación de origen. Rosas y Apodaca (1998) hacen mención de otras bebidas que se consumen en el estado, como el atole de pirul



Figura 2. Conservas de frutos de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato (fotografía de Oscar Báez Montes).

(*Schinus molle*) (figura 3), especie que aunque no es nativa del estado, por su distribución y abundancia se considera naturalizada, también mencionan el atole de semilla de mezquite (*Prosopis laevigata*), bacanora (fermento de tuna, *Opuntia* spp.), chilocle (bebida hecha con pulque o tepache, chile, ajo y epazote que se consume en el municipio de Salamanca) y nochocle (bebida fermentada compuesta de pulque y tuna roja molida)(cuadro 1).

Algunos frutos son consumidos de los bosques de coníferas, entre los que se pueden mencionar el piñón (semilla de *Pinus cembroides*), usado para la preparación de paletas, nieve, palanquetas y ponche; el membrillo (*Amelanchier denticulata*) del cual se hacen dulces; el tejocote (*Crataegus mexicana* y *C. rosei*), elemento común que forma parte tradicional de piñatas, ponches e incluso en dulce con almíbar. Asimismo se utilizan varias especies de encino (*Quercus* spp.) para asar pollos, proporcionando un sazón peculiar debido a la presencia de sus taninos.

En otros ecosistemas, como los relacionados con ambientes semiáridos, se aprovechan los frutos del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), de la pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) o los de la pitahaya (*Hylocereus purpusii*). En la tradicional rosca de reyes se utiliza también la parte vegetativa de las plantas de la biznaga gigante (*Echinocactus platyacanthus*), especie ubicada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de protección especial.

El sazón de la comida típica o de los antojitos se debe en ciertos casos a especias que le dan un sabor peculiar, derivado de los aceites o esencias de hojas como el orégano (*Lippia* spp.) distribuido de forma natural en la Sierra Gorda



Figura 3. Atole de pirul. La reproducción de esta fotografía fue autorizada por la Dirección Editorial del Instituto Estatal de la Cultura de Guanajuato, misma que apareció por primera vez en el libro *Cocina Tradicional Guanajuatense. Historias y Recetas* (Instituto Estatal de la Cultura, 2009). Cualquier lector interesado en reproducirla deberá solicitar el permiso correspondiente.

de Guanajuato y que resulta importante para condimentar el pozole o el fiambre; también se utilizan como condimentos el chilcuague (*Heliopsis longipes*) y la mostaza (*Brassica nigra*), particularmente en la ensalada de nopal al orégano y chilcuague (Olivares *et al.* s.a.), platillo tradicional de origen chichimeca que contiene elementos de especies nativas para su elaboración como el nopal tapona (*Opuntia robusta*), cebolla, ajo, chilcuague (*H. longipes*) y orégano (*Lippia* sp.).

Por otra parte, el aporte proteínico necesario en el consumo de alimentos puede ser obtenido de las especies animales y de hongos que se distribuyen de forma natural en el estado, como el cuitlacoche (véase Zamora-Martínez, 2012). Desde épocas más antiguas se consumen invertebrados como el gusano blanco del maguey (*Aegiale hesperiaris*), el gusano del madroño (*Eucheria socialis*) y las hormigas mieleras (*Myrmecocystus melliger* y *M. mexicanus*), llamados también escamoles (del término azcamolli, azcatl: hormiga, molli: guisado), los cuales son muy apreciados para la elaboración de algunos platillos (Ramos-Elourdy y Pino, 1989). Los indígenas usaban aproximadamente 1 000 hormigas para producir un litro de miel, la que obtenían del abdomen de los animales y se fermentaba hasta convertirla en una bebida alcohólica. Asimismo Ramos-Elourdy y Pino (2004) mencionan algunos escarabajos comestibles como *Dynastes hyllus* y *Eleodes spinipes*.

En cuanto a los vertebrados, los peces nativos que se consumen en el estado están el bagre del Lerma (*Ictalurus dugesii*) y el bagre del río Verde (*I. mexicanus*). Reynoso y colaboradores en este Estudio sobre Biodiversidad mencionan también algunos anfibios comestibles como algunas ranas (*Lithobates montezumae, L. megapoda,* entre otras) al igual que los ajolotes (*Ambystoma velasci*).

De la misma manera, las aves y mamíferos silvestres han formado parte de la dieta y son la base proteica de muchos platillos, desde palomas (*Zenaida macroura*) hasta guajolotes (*Meleagris gallopavo*), y entre los mamíferos se pueden mencionar al armadillo (*Dasypus novemcinctus*), conejos (*Sylvilagus* spp.) (figura 4), zorrillo listado (*Mephitis macroura*), tlacuache (*Didelphis virginiana*) y venados (*Odocoileus virginianus*).

Comentarios finales

La biodiversidad provee una serie de beneficios ambientales y sociales, algunas veces de valor que no es posible cuantificar. Un aspecto cotidiano de los beneficios obtenidos de la biodiversidad está relacionado con la alimentación, que puede o no ser reconocido por las personas que aprovechan directamente los recursos ecosistémicos de los bosques, matorrales o humedales del estado. La diversidad vegetal y animal ofrece una variedad de opciones culinarias que forman parte del arraigo cultural del estado.



Figura 4. Conejo enchilado. La reproducción de esta fotografía fue autorizada por la Dirección Editorial del Instituto Estatal de la Cultura de Guanajuato, misma que apareció por primera vez en el libro *Cocina Tradicional Guanajuatense. Historias y Recetas*, (Instituto Estatal de la Cultura, 2009). Cualquier lector interesado en reproducirla deberá solicitar el permiso correspondiente.

Sin embargo, las amenazas a la biodiversidad, como la pérdida y degradación del hábitat, han reducido la distribución de las poblaciones silvestres que forman parte del arte culinario y de las formas de subsistencia local. Por otro lado, la dilución de saberes ambientales ha provocado una disociación entre la relación sociedad humana–medio ambiente. La riqueza de los pueblos no sólo consiste en la elaboración de los platillos, sino en el conocimiento del medio que da pie a su uso (Castro, 2000).

Los alimentos industrializados compiten fuertemente con los elementos naturales provenientes de la biodiversidad. De acuerdo con el cambio en las fuentes de alimentación, los pa-

trones de consumo de grasas y de colesterol pueden aumentar los factores de riesgo de enfermedades en la salud humana. Para puntualizar, Castro (2000) menciona que la forma de consumir alimentos en las ciudades está imponiendo un estereotipo de alimentación en el mundo, que se basa en unas cuantas especies, perdiendo así la riqueza natural y cultural original, que ha permitido conocer y valorar los recursos y adaptarse mejor al medio. En conclusión, es necesaria una revaloración de la biodiversidad, dada la amplia gama de bienes y servicios ambientales que provee. El aspecto gastronómico puede ser un incentivo para fomentar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

Cuadro 1. Listado de especies comestibles y su uso en la cocina tradicional en el estado de Guanajuato.

Grupo Taxonómico	Nombre científico	Nombre comun	Uso
Plantas	*Agave americana*	Agave mezcalero	Bebida
	Agave salmiana	Agave pulquero	Bebida
	Agave mapisaga	Agave	Aguamiel, pulque
	Agave spp.	Maguey de cuate	Verdura
	*Agave tequilana**	Agave	Bebida
	Aloe vera	Sávila	Guisado
	Amaranthus sp.	Quelite	Sopa, verdura, guisados con carne de cerdo
	Amelanchier denticulata	Membrillo	Dulce
	Arctostaphylos pungens	Pingüica	Agua, té
	Capsicum annum	Chile piquín	Salsas, sopas, condimento
	Casimiroa edulis	Zapote blanco	Fruta, dulce
	Celtis pallida	Granjeno	Frutos
	Chenopodium ambrosioides	Poleo	Té
	Crataegus mexicana	Tejocote	Fruto, dulces, bebidas
	Crataegus rosei	Tejocote	Fruto, dulces, bebidas
	Cylindropuntia imbricata	Cardenche	Frutos
	Echinocactus platyacanthus	Biznaga gigante	Fruto, dulces
	Ferocactus histrix	Acitrón, Borrachita	Dulce
	Heliopsis longipes	Chilcuague	Condimento, salsa
	Juglans sp.	Nuez criolla	Atole, dulce, comidas varias
	Lippia sp.	Orégano	Té, condimento
	Mammillaria spp.	Borrachita	Dulces, nieve, fruta
	Myrtillocactus geometrizans	Garambullo	Dulces, fruta, mermelada, agua, nieve
	Opuntia sp.	Duraznillo	Fruta
	Opuntia spp.	Nopal	Verdura
	Opuntia robusta	Nopal Tapona	Fruto, verdura
	Opuntia spp.	Tuna	Fruta, salsas, nieve, dulces
	Opuntia streptacantha	Tuna	Fruto
	Opuntia xoconostle	Joconostle	Dulce, salsas, pico de gallo
	Pinus cembroides	Piñón	Dulces, atole, nieve
	Portulaca oleracea	Verdolaga	Sopa, verdura, guisados con carne de cerdo, mermelada, dulces
	Prosopis laevigata	Mezquite	Atole, guisado
	Prunus serotina	Capulín	Fruto, mermelada, paletas
	Salvia spp.	Salvia	Té
	Schinus molle	Pirul	Atole, condimento

Cuadro 1. Continuación.

Grupo Taxonómico	Nombre científico	Nombre comun	Uso
	Solanum sp.	Jitomate criollo	Salsas, sopas.
	Stenocereus queretaroensis, S. dumortieri	Pitayo	Dulces, mermelada, fruta
	Turnera difussa	Damiana	Té
	Yucca filifera	Yucca blanca, cheveles	Guisado (capeadas con huevo, caldillo de jitomate)
Invertebrados	*Aegiale hesperiaris*	Gusano Blanco del Maguey	Guisado
	Dynastes (Xylotrupes) hyllus	Escarabajo	Carne
	Eleodes spinipes	Escarabajo	Carne
	Eucheria socialis	Gusano del madroño	Guisado
	Euchistus spp.	Jumiles	Carne
	Liometopum sp.	Escamoles (huevos de hormiga)	Barbacoa, cocidos
	Macrobrachium sp.	Chacal, Acamaya	Carne
	Myrmecocystus melliger	Hormiga mielera	Carne, bebida
	Myrmecocystus mexicanus	Hormiga mielera	Carne, bebida
Vertebrados	*Ambystoma velasci*	Ajolote	Carne
	Colinus virginianus	Codorniz	Huevos, carne
	Crotalus spp.	Serpiente de cascabel	Carne
	Cyprinus carpio	Carpa	Carne
	Dasypus novemcinctus	Armadillo	Carne
	Didelphis virginiana	Tlacuache	Carne
	Ictalurus dugesii	Bagre del Lerma	Carne
	Ictalurus mexicanus	Bagre del Río Verde	Carne
	Lithobates montezumae	Rana	Carne
	Lithobates megapoda	Rana	Carne
	Meleagris gallopavo	Guajolote	Carne
	Mephitis macroura	Zorrillo listado	Carne
	Micropterus salmoides	Lobina	Carne
	Neotoma sp.	Rata de campo	Carne
	Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	Carne
	Oncorrynchus mykiss	Trucha	Carne
	Oreocromys (Tilapia) mozambicus	Tilapia	Carne
	Oreocromys (Tilapia) niloticus	Tilapia	Carne
	Pecari tajacu	Pecarí	Carne
	Salmo trutta	Trucha	Carne
	Sciurus sp.	Ardillas	Carne
	Sylvilagus spp.	Conejo	Carne
	Zenaida macroura	Paloma huilota	Carne

NOTA: El presente compendio resultó de la búsqueda de información publicada y aquella que se conserva en la memoria de pobladores en algunas comunidades de Guanajuato. Este listado dista mucho de un listado definitivo e invita al lector a pensar que otros elementos de la biodiversidad le ponen sazón a la comida en Guanajuato.

Literatura citada

Castro, E. 2000. "Cultura gastronómica: Un aporte desde la Educación Ambiental", *Revista de Vinculación y Ciencia* 2: 4-15.

———, J.C. Núñez y S.R. de Dios Corona. 2006. Sabor que somos. México, Gobierno de Jalisco/*El Informador*/Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta)/Ed. Agata.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. *Capital natural y bienestar social*. México.

Conaculta (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes). 2000. *La cocina familiar en el Estado de Guanajuato*. Océano. México. 61 pp.

De Maria y Campos, A. 2000. La cocina familiar en el estado de Guanajuato. México, Océano/Conaculta.

De Santa María, G. 1999. *Guerra de los chichimecas*. (México 1575-Zirosto 1580), edición crítica, estudio y paleografía de Alberto Carrillo Cáceres. México, El Colegio de Michoacán (Colmich)/Universidad de Guanajuato.

Declaratoria General de Protección a la Denominación de Origen "Tequila". 2010. http://crtnew.crt.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=62

Esteva, G. 2003. "Los árboles de las culturas mexicanas", en G. Esteva y C. Marielle (coords.), *Sin maíz no hay país*. México, Conaculta/Museo Nacional de Culturas Populares/Culturas Populares e Indígenas, pp.17-28.

Instituto Estatal de la Cultura. 2009. *Cocina Tradicional Guanajuatense. Historias y Recetas*. México, Ediciones La Rana, Guanajuato.

Olivares, J., M.C.P. Torres y E. García. (s.a.). *Olores, colores y sabores (Pervivencia Chichimeca–Mesoamericana)*. Universidad de Guanajuato, pp. 241-254, en *http:// 148.224.17.115/Usuarios/Uploads/Investig_Humanisticas/Chichimeca_VI/Olores_colores.pdf,* última consulta 27 de septiembre de 2010.

Ramos-Elourdy, J. y J.M. Pino. 1989. *Los insectos comestibles en el México antiguo: Estudio etnoentomológico*. México, AGT Editor.

———. 2004. "Los coleoptera comestibles de México", *Anales del Instituto de Biología* **75**: 149-183.

Rosas, N. y M. Apodaca. 1998. *Compendio lexicográfico de los alimentos en Guanajuato. Guanajuato*, Gto., ed. La Rana.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

Zamora-Martínez, M. C. 2012. "Hongos silvestres comestibles" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).



RESUMEN

Oscar Báez Montes | María Zorrilla Ramos

Las condiciones y los procesos que impactan y ponen en riesgo la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en el estado están ligados con dos aspectos sociales: las condiciones de vida de la población, y la manera de apropiarse y usar los recursos naturales. En los capítulos anteriores se han presentado las características geográficas y sociales, que han determinado las condiciones actuales de los ecosistemas en el estado. En este capítulo se presentan algunos ejemplos en los que se pueden identificar cuatro grandes tipos de amenazas, que pueden actuar o no de manera sinérgica:

Cambio de uso de suelo

Se presenta un análisis del cambio de uso de suelo entre 1979 y 2004, identificando que el 32% del territorio estatal presenta cambio en el uso del suelo y las implicaciones en términos de provisión de servicios ambientales, la cual hace un especial hincapié en el papel de las actividades agropecuarias como las principales causantes de estos procesos. Los bosques de encino son uno de los tipos de vegetación que han tenido un alto porcentaje (41%) de cambio de su superficie.

Extracción y uso no sustentable de recursos naturales

Las actividades relacionadas con los sistemas productivos (el caso de los cambios en los sistemas productivos en las comunidades del norte del estado), así como el proceso de producción de carbón tiene implicaciones importantes en los recursos forestales y en el suelo. Se aborda desde diferentes perspectivas la extracción y el uso del agua, que enfatiza el problema de la creciente demanda del recurso y la concepción muy limitada del agua como recurso exclusivo para el consumo humano, sin considerar su papel como un ecosistema fundamental para otros grupos biológicos. Finalmente se analizan los factores que afectan la diversidad del maíz, entre los cuáles se mencionan de manera directa los factores socioeconómicos como aspectos clave que pueden llevar a perder la agrobiodiversidad estatal.

Actividades en cuyo proceso se generan contaminantes

Se aborda el caso específico de la contaminación atmosférica y las acciones que se efectúan desde el gobierno del estado para atender este problema. Se presenta además una contribución sobre la contaminación por jales mineros, así como dos contribuciones que analizan la contaminación de suelos y cuerpos de agua por las actividades industriales.

Barca en la copa del lago (fotografía de Sara M. Pinedo Hernández).

Plagas y especies invasoras

En este tema se presentan tres contribuciones: una sobre la manera en la que las plagas están afectando a los encinos de la Sierra de Lobos y dos contribuciones que abordan las consecuencias de especies invasoras de anfibios y reptiles exóticos (especies introducidas) así como los parásitos de peces introducidos en los cuerpos de agua, que pueden ocasionar daños a la biodiversidad oriunda del estado.

En resumen, estos temas hablan de que las principales amenazas a la biodiversidad en el estado, se vinculan con un "modo específico" de hacer las cosas, un modo que en algunos casos ha sido promovido por ciertas políticas públicas (como el caso del cambio de uso de suelo) y en otros casos donde no se ha sancionado adecuadamente dichas actividades para lograr un cambio de conducta. La premisa no necesariamente implica cambiar el tipo de actividades que se realizan, sino la manera en la que éstas se realizan.

CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL

José de Jesús Esparza Claudio

La degradación ambiental está ligada o interrelacionada con los cambios del uso del suelo. Ambas son resultado de un conjunto de actividades antropogénicas (deforestación, actividades agrícolas, asentamientos humanos, etcétera), así como naturales (incendios, erosión, inundaciones, sequías, etcétera) que imposibilitan la adecuada utilización o manejo de los recursos naturales (Inegi, 1980). Esto se debe a que el estado carece de un programa de inspección y vigilancia que restrinja estos cambios y sancione aquellos donde se presente una pérdida relativa de valor ecológico o que fragmente un ecosistema relevante.

En la búsqueda de un acercamiento para conocer, evitar o aminorar los procesos de degradación se requiere, en primer lugar, el conocimiento del capital y vocación natural del territorio, tanto en el momento actual como en el pasado, ya que tal información da la posibilidad de describir dichos procesos (deforestación, erodabilidad, pérdida de la diversidad de especies y cambios en el microclima) y, por lo tanto, evaluar los posibles impactos tanto positivos como negativos y establecer así las políticas o programas que ayuden a minimizar los efectos nocivos; como ejemplo están la apertura de zonas agrícolas en áreas de bosque en la Sierra de Los Agustinos (iee, 2009); en cuanto a cambios positivos, en el municipio de León se observaron con el programa de regeneración de zonas erosionadas con arbustivas nativas (ciatec, 2008).



Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz.

Esparza Claudio, J. de J. 2012. "Cambio en el uso del suelo y degradación ambiental" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 327-331.

Para la medición espacial de la degradación de los recursos naturales en el estado, se utilizó la cartografía de dos periodos: la primera de 1979, de la serie II de usos del suelo y vegetación, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi, 1980) y, la segunda, de la carta de uso del suelo y vegetación 2004 del estado de Guanajuato, elaborada por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) para el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE) dentro de la Actualización del Ordenamiento Ecológico del estado de Guanajuato (IEE, 2004). Antes de realizar los análisis, se homogeneizaron los sistemas de clasificación de las cartas siguiendo la clasificación de la UAEM, quedando 27 clases de usos de suelo. Posteriormente, se realizó el cruce de ambas capas y se estimó la tasa de cambio del uso de suelo por medio de la ecuación desarrollada por la FAO (1996), utilizada por Dupuy Rada *et al.* (2006) en su caso de estudio en dos municipios de Quintana Roo y recomendada por Velázquez *et al.* (2005) para el estudio de la situación actual y prospectiva del cambio de uso de suelo en México.

$$t = \left[\left(1 - \frac{S_1 \quad S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

Donde:

t= tasa de cambio
S1= Superficie para el año 1979
S2= Superficie para el año 2004
n= número de años en el periodo observado

Los resultados presentados en el cuadro 1 sobre la estimación de la degradación ambiental, indica que en los últimos 25 años han cambiado 67 177.7 ha de bosque de encino (41.7% de la superficie total en 1979) a agricultura de temporal con cultivos anuales, pastizal natural y bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea, principalmente. Uno de los incrementos importantes en cuanto a su tasa de cambio fue el matorral crasicaule que presentó un aumento de 21.04%, desplazando a zonas pecuarias y agrícolas de temporal.

La principal causa del deterioro de este tipo de vegetación son las actividades antropogénicas, destacando la agricultura y el sobrepastoreo, sin embargo, también existen causas

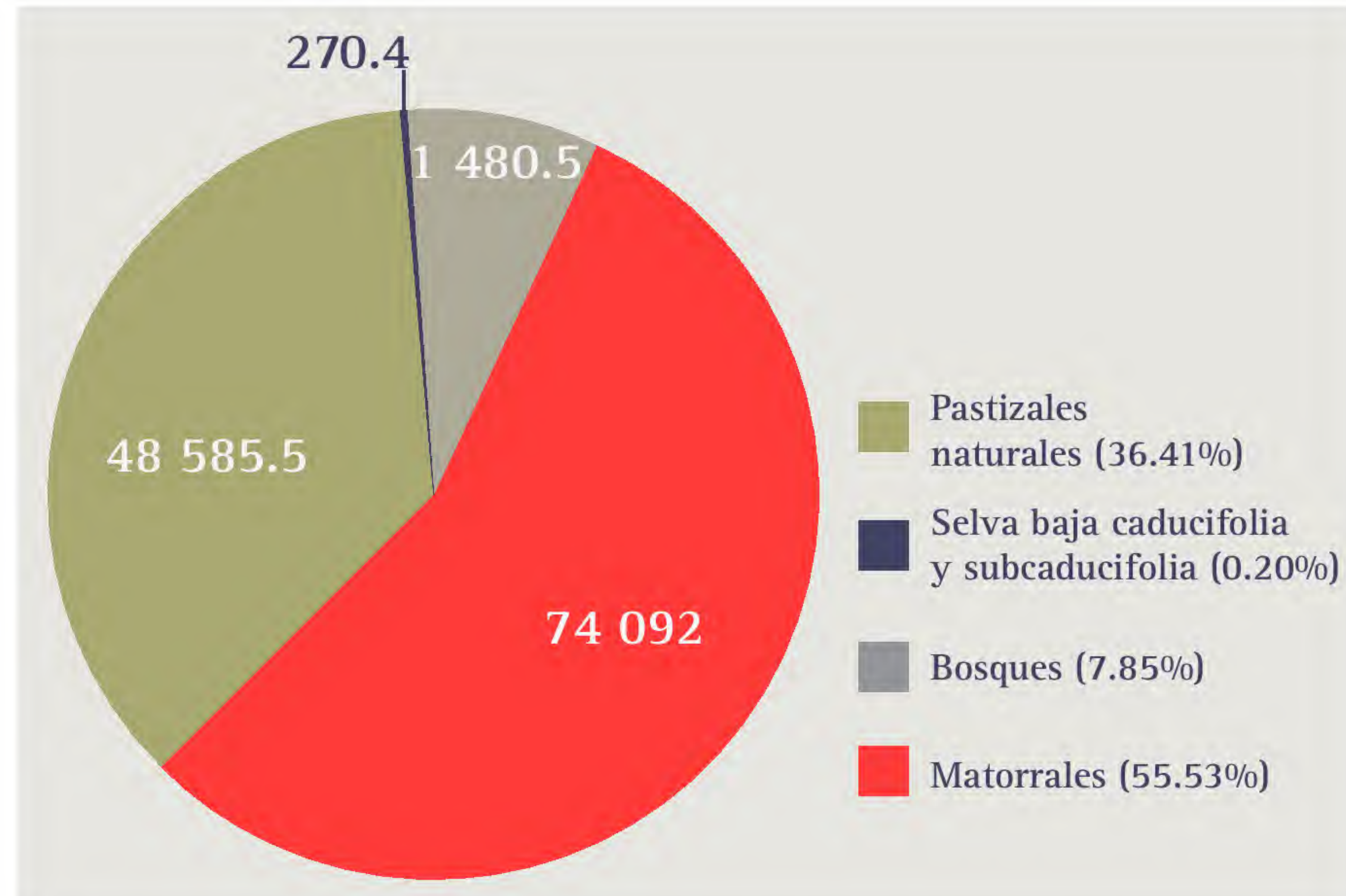


Figura 1. Superficie (ha) afectada por el cambio en el uso del suelo por actividades agrícolas en el estado de Guanajuato.

naturales como incendios forestales y algunas plagas (Bocco y Mendoza, 2001).

En cuanto a los bosques, pastizales naturales, selvas bajas y principalmente matorrales, la actividad humana que más modifica el uso del suelo es la agricultura, ya que en el periodo de observación (25 años) se vieron afectadas 133 428 ha (figura 1).

Los cambios en los tipos de cobertura del terreno en el estado es, en mayor medida, consecuencia de la interacción de las actividades humanas (agrícolas, pecuarias, urbanas, etcétera) con el entorno; el cuadro 1 indica los cambios en el uso del suelo, de acuerdo a la ganancia o pérdida relativa del valor ecológico, apreciándose el grado de fragmentación o deterioro de los ecosistemas en el estado. La ganancia en el valor ecológico se consideró positiva cuando un uso de suelo cambia de agricultura a vegetación perturbada o de vegetación perturbada cambia a vegetación natural, la pérdida en el valor ecológico se consideró negativa cuando hay un cambio a uso agrícola o urbano.

En el mapa (figura 2) se observa que 32.1% del territorio del estado presenta cambios en uso del suelo, del que 16.8% representa una pérdida relativa del valor ecológico y sólo 15.3% una ganancia relativa del valor ecológico, esto último se tendrá que considerar con cierta reserva hasta ser validado en campo, ya que el grado de recuperación o ganancia es muy subjetivo dados los diferentes niveles de recuperación de los ecosistemas; por último, en cuanto a su distribución

Cuadro 1. Tasa de cambio en el uso del suelo en el estado de Guanajuato para el periodo de 1979-2004.

Uso del suelo	Hectáreas (1979)	Hectáreas (2004)	Tasa de Cambio %	Cambios en superficie (ha)	% con respecto a la superficie del estado
Agricultura de humedad	3 398.20	2 500.60	-1.22	-897.60	0.029
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	588 687.30	647 247.50	0.38	+58 560.20	1.918
Agricultura de temporal con cultivos anuales	895 406.10	742 932.60	-0.74	-152 473.50	4.993
Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	188.80	2 886.10	11.53	+2 697.30	0.088
Asentamiento humano	7 199.20	76 024.90	9.89	+68 825.70	2.254
Bosque de encino	161 092.10	93 914.40	-2.14	-67 177.70	2.200
Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	139 356.90	201 641.90	1.49	+62 285.00	2.040
Bosque de pino	44 781.60	36 981.10	-0.76	-7 800.50	0.255
Bosque de pino- encino (incluye encino-pino) con vegetación secundaria)	18 108.40	38 799.40	3.10	+20 691.00	0.678
Bosque de pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	23 591.40	24 293.30	0.12	+701.90	0.023
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	65 439.70	51 503.30	-0.95	-13 936.40	0.456
Bosque de táscate	2 362.10	2 643.40	0.45	+281.30	0.009
Bosque de táscate con vegetación arbustiva y herbácea	2 215.50	2 132.60	-0.15	-82.90	0.003
Chaparral	7 300.80	6 128.30	-0.70	-1 172.50	0.038
Cuerpo de agua	10 151.70	39 205.30	5.55	+29 053.60	0.951
Matorral crasicaule	809.40	95 733.40	21.04	+94 924.00	3.108
Matorral Crasicaule con vegetación secundaria	159 130.50	72 956.20	-3.07	-86 174.30	2.822
Matorral submontano	63 217.20	61 093.90	-0.14	-2 123.30	0.070
Matorral subtropical	226 668.20	213 620.40	-0.24	-13 047.80	0.427
Mezquital (incluye huizachal) con vegetación secundaria	31 303.40	13 262.10	-3.38	-18 041.30	0.591
Pastizal cultivado	2 997.30	213.00	-10.04	-2 784.30	0.091
Pastizal inducido	205 504.70	287 463.00	1.35	+81 958.30	2.684
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	377 720.30	318 497.80	-0.68	-59 222.50	1.939
Popal - tular	1 023.20	434.40	-3.37	-588.80	0.019
Selva baja caducifolia y cubcaducifolia	4 074.80	2 991.30	-1.23	-1 083.50	0.035
Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva	16 813.30	16 922.80	0.03	+109.50	0.004
Vegetación halófila y pastizal calcefilo	179.70	1 712.90	9.44	+1 533.20	0.050

(-) Indica pérdida de superficie (+) Indica incremento de superficie.
Fuente: Ciatec, 2008. Elaborada con base en las cartas de uso de suelo de Inegi, 1976, e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2004.

espacial, se observó que los cambios más importantes en el uso del suelo se presentan en la parte norte del estado, donde los indicies de marginación y pobreza son mayores y, por tanto, el sentido de apropiación de los recursos naturales es muy fuerte, cabe mencionar que este es uno de los factores que fundamentalmente incide en esta problemática ambiental, ya que la falta de oportunidades de trabajo y servicios en esta zona (agua, luz, salud, educación, etcétera) hace que los pobladores o dueños de los terrenos donde se alberga el potencial natural del estado sea explotado sin un plan de manejo, lo que da poca oportunidad para la regeneración de los ecosistemas.

Sin embargo, en un esfuerzo por parte del gobierno del estado a través del Instituto de Ecología se han decretado 22 Áreas Naturales Protegidas (estatales), además de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato (federal), asimismo se han implementado programas de conservación de suelos así como de educación ambiental, entre otros, con el objetivo de preservar el capital natural y relevante de Guanajuato.

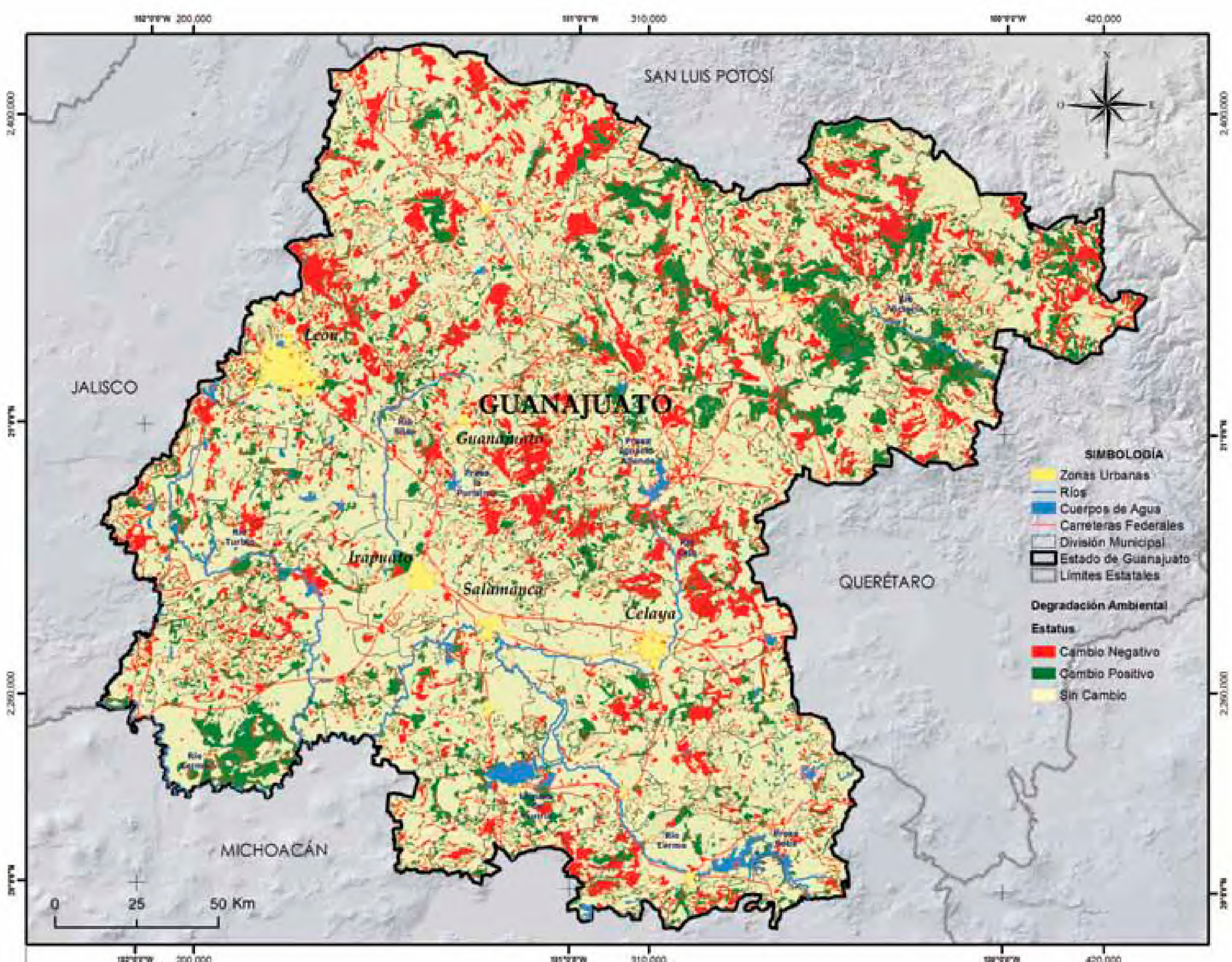


Figura 2. Mapa de degradación ambiental. Fuente: elaboración propia con datos de Inegi, 1980; IEE, 2004.

Literatura citada

Bocco, G. y M. Mendoza. 2001. "La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación", *Investigaciones Geográficas* **44**: 18-38.

CIATEC (Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas). 2008. *Programa de regeneración de zonas erosionadas mediante arbustivas nativas*. León, Gto. México.

Dupuy Rada, J.M., J.A. González-Iturbe, S. Iriarte *et al.* 2006. "Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noreste de Quintana Roo", *Investigaciones Geográficas* **62**: 104-124.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1996. *Forest Resources Assesment 1990 –survey of tropical forest cover and study of change processes*. Forestry Paper 130. Roma.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1980. *Carta de uso del suelo y vegetación*. Serie II, escala 1:250 000

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2004. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Guanajuato 2004. Carta de Uso de suelo y vegetación 2004 del Estado de Guanajuato, Edición 1, escala 1:250 000.

———. 2009. *Actualización del Programa de Manejo del Área Natural Protegida Sierra de Los Agustinos*. Guanajuato, México.

Velázquez, A., E. Durán, J.F. Mas *et al.* 2005. "Situación actual y prospectiva del cambio de la cubierta vegetal y usos del suelo en México", en E. Zúñiga Herrera (coord.), *México ante los desafíos de desarrollo del milenio*. México, Secretaría de Gobernación (Segob)/ Consejo Nacional de Población y Vivienda (Conapo), pp. 398-399.

LA DECLINACIÓN DE LOS ENCINOS EN SIERRA DE LOBOS

Juan Quintanar Olguín

El área natural protegida Sierra de Lobos, se ubica en la zona noroeste del estado de Guanajuato y abarca tres municipios: León, Ocampo y San Felipe Torres Mochas, en una superficie aproximada de 104 068 ha. El clima es templado con lluvias en verano, la precipitación pluvial anual varía de los 600 a los 800 mm y la temperatura promedio anual es de 17 °C, oscilando desde los 2.7 hasta los 31 °C. Existe una fuerte variación en el tipo de suelos, aunque predomina xerosol háplico con litosol con textura media. Los tipos de vegetación predominante son bosques de encino, encino-pino y matorral xerófilo, con una importante diversidad biológica, encontrándose entre ellas 29 especies arbóreas del género *Quercus*. Este género desempeña un importante papel en la estructura de los bosques templados, además de tener un alto valor comercial por la calidad de su madera y por otros muchos de sus usos y productos: leña, carbón, elaboración de artesanías, taninos y colorantes, alimento para el hombre y el ganado, como especie ornamental, o refugio y hábitat para la fauna silvestre.

Al igual que otros árboles forestales y plantas cultivadas, el encino puede ser afectado por factores bióticos y abióticos. A partir de mediados de la década de los noventa se comenzó a observar una declinación y muerte de los encinares, por una enfermedad de etiología desconocida, en varios estados de la República Mexicana. En Sierra de Lobos, se reporta que la muerte de encinos comenzó a observarse en los años 1997-1998, periodo en el cual se presentaron fuertes heladas y sequías acompañadas de incendios.

La enfermedad causal de esta muerte atípica de los encinos es comúnmente conocida como "declinación", cuya sintomatología es la presencia de una copa sectorizada con hojas de color café claro y en algunos casos de color café más intenso, las ramillas secundarias o terciarias se encuentran muertas y sin hojas, con un desprendimiento paulatino de la corteza (figura 1). En el fuste, desde la base y en algunos casos hasta una altura de 3 m, se encuentran en forma dispersa grandes pudriciones o cancros que expulsan líquidos blancos y rojizos sobre la corteza, sus diámetros van desde los 10 a 15 cm, con un olor tipo fermentativo, además, presentan cuerpos fructíferos (hongos negros, rojizos y café claro) (figura 2).

De acuerdo al diagnóstico sanitario forestal realizado por Sánchez *et al.* (1998), los principales agentes dañinos de los árboles de encino fueron avispas (*Agrilus* spp.) que forman agallas y dañan el follaje, insectos cuyas larvas producen lesiones en ramas donde se pueden introducir hongos que causan pudriciones o cancros; sus principales hospedantes son *Quercus rugosa* y *Q. eduardii*. A otro insecto del género *Gnathotrichus* sp. (Coleoptera: Scolytidae), cuyo principal hospedero es *Q. rugosa*, puede encontrársele barrenando ramillas y el macho



Figura 1. Manifestación de la "declinación" en árboles de encino.

Quintanar Olguín, J. 2012. "La declinación de los encinos en Sierra de Lobos" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 332-334.



Figura 2. Presencia de cancros en la base y ramas de árboles de encino.

transporta las esporas del hongo *Ceratocystis* spp. de las cuales algunas especies manchan la madera. Se considera una plaga secundaria que se presenta cuando las ramillas de la especie *Phoradendron schumannii* han muerto por el ataque de *Agrilus* spp. Las plantas parásitas de *P. schumannii*, dañan las ramas distorsionándolas y formando nudos en el lugar de inserción, sus hospedantes son *Quercus rugosa*, *Q. crassifolia, Q. eduardii* y *Q. obtusata*. Otro insecto, *Curculio occidentis*, cuyas larvas se alimentan de los cotiledones de la bellota, afecta la capacidad de regeneración de sus hospederos: *Q. rugosa, Q. potosina, Q. crassifolia, Q. laurina, Q. eduardii, Q. castanea* y *Q. obtusata.*

El estudio realizado en 2003 determinó que el arbolado presentaba una micosis causada por el efecto combinado de los hongos *Nectria galligena* e *Hypoxylon thouarsinum*, los que deterioran fuertemente y en forma agresiva a todas las especies de encino, causando una rápida pérdida de vigor y muerte del arbolado. El nivel de infestación promedio era de 87.5%, del cual 6.25% se encontraba aparentemente sano y 6.25% correspondía a arbolado muerto en pie. La especie más susceptible es *Quercus eduardii* (palo colorado), seguida de *Q. potosina, Q. laeta* y *Q. obtusata*, (especies conocidas comúnmente como palo blanco), en tanto que *Q. rugosa* (palo prieto) es la especie más resistente al agente o patógeno causal de la alta mortandad (Vázquez *et al*., 2004).

Con relación al efecto de las variables fisiográficas medidas, se observó que sólo la exposición y la pendiente tienen influencia, ya que en pendientes mayores a 35% el nivel de infestación es menor o disminuye, y en exposición norte y sus variantes (noreste y noroeste) el nivel de infestación se incrementa, caso contrario sucede con la exposición sur donde el nivel de infestación es menor.

Durante los años 2003-2005, se realizó un estudio sobre la declinación de encinos en cinco estados de la República: Aguascalientes, Colima, Guanajuato (Vergel de la Sierra y Pozo Redondo), Jalisco y Nayarit. En el área de Sierra de Lobos, se reportó la presencia de *Pythium* en el suelo, considerado como "infección secundaria", ya que sólo ataca cuando el hospedero se encuentra debilitado en tejidos enfermos o en heridas de las raíces, causando putrefacción y descomposición de las mismas. Además, se reportó la presencia de *Ganoderma curtisii*, patógeno que se encuentra comúnmente en regiones templadas produciendo pudrición de raíz y duramen. Cuando los árboles son infectados suelen perder vigor y reducir el tamaño de las hojas, algunas ramas mueren o se tornan amarillentas (Alvarado *et al*., 2007).

Otro agente causal de muerte y disminución de vigor en el arbolado en Sierra de Lobos son las bajas temperaturas y la falta de agua, que generan cancros (rajaduras) en la base del tallo, de unos cuantos centímetros hasta de un metro, donde el xilema se raja y la corteza se separa. Esto se presentó en 36.76% de los árboles en Vergel de la Sierra y 24.24% en Pozo Redondo (Alvarado *et al*., 2007).

A pesar de que el problema de mortalidad de encinos por "declinación" se viene estudiando desde hace varios años, aún se desconocen el o los agentes causales directos debido a que se presenta como un problema de etiología compleja asociada a causas naturales, como las fuertes variaciones de temperatura y humedad ambiental, además de la deficiencia de nutrientes en el suelo que debilitan el árbol para luego ser atacado por varios fitopatógenos, generalmente considerados de acción secundaria. Así, la combinación de los agentes abióticos de baja temperatura-sequía y el ataque de los hongos secundarios, como *Nectria galligena, Hypoxylon thouarsinum* y *Ganoderma curtisii*, parecen ser los factores de mayor importancia en la declinación y muerte del encino en Sierra de Lobos.

Ante este vacío de información, es necesario estudiar el impacto de la presión que ejercen las actividades antropogénicas sobre los encinares y su relación con los factores ambientales con el fin de generar indicadores de manejo para este ecosistema, dado el grave desequilibrio ecológico existente en el área de Sierra de Lobos.

literatura citada

Alvarado-Rosales, D., L. de L. Saavedra-Romero, A. Almaraz-Sánchez *et al.* 2007. "Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (*Quercus, fagaceae*) en el centro-oeste de México", *Polibotánica* **23**: 1-21.

Sánchez, C.R., A. Zamudio, D. Cibrian *et al.* 1998. *Diagnóstico sanitario forestal del estado de Guanajuato.* Gobierno del Estado de Guanajuato. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural.

Vázquez, S.L., J.C. Tamarit, J. Quintanar *et al.* 2004. "Caracterización de la declinación de bosques de encino en 'Sierra de Lobos' Guanajuato, México", *Polibotánica* **17**: 1-14.

ANFIBIOS Y REPTILES EXÓTICOS EN GUANAJUATO

Gustavo Ernesto Quintero Díaz | Jorge Adrián Berlín Diosdado | Luis Alejandro López Carreón

Introducción

Las actividades humanas, de manera voluntaria o involuntaria, han convertido el intercambio de flora y fauna en un fenómeno rutinario, introduciendo especies a regiones donde antes no existían, generando con ello graves daños a las poblaciones nativas. Muchas de las especies exóticas terminan por conquistar nuevos hábitat y establecerse en nuevas regiones, por lo que se convierten en especies invasoras. Dichas especies desplazan a las nativas mediante numerosos mecanismos, entre los que destacan la depredación, competencia, transmisión de enfermedades, o bien, alterando el hábitat (Primack *et al.*, 2001).

Se consideran especies exóticas para un sitio particular, también conocidas como especies introducidas, a aquellas no nativas que han colonizado exitosamente el sitio por encontrar condiciones suficientes para completar su ciclo de vida. En algunos casos, algunas especies invasoras no encuentran en el hábitat los requerimientos para establecerse ni tampoco las condiciones climáticas para sobrevivir por lo que, finalmente, mueren.

En el estado de Guanajuato se ha detectado una especie de anfibio y cuatro de reptiles exóticos. Algunos de ellos seguramente fueron transportados al estado como *polizontes*, es decir, que han sido trasladados desde su área de origen ya sea en camiones de transporte de fruta o bien en vehículos particulares. También es posible que algunos de ellos hayan llegado como mascotas y liberados a la vida silvestre a propósito o por descuido. En otros casos es posible que sean transportados accidentalmente en la tierra de macetas o entre raíces de plantas originarias de viveros (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2008) o introducidas con fines comerciales.



Rana toro (*Lithobates castebeianus*) fotografía de Gustavo Quintero Díaz.

Quintero Díaz, G. E., J.A. Berlín Diosdado y L. A. López Carreón. 2012. “Anfibios y reptiles exóticos en Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. *México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 335-338.

Anfibios

La rana toro

De entre los anfibios, sólo la rana toro, *Lithobates catesbeianus*, es exótica en el estado. Se han observado ejemplares adultos y juveniles inmersos en las orillas de la presa El Zapote, en la comunidad El Zapote de Covarrubias, municipio de Salamanca, al centro-sur del estado. Como ha sucedido en la mayoría de los estados de nuestro país, la rana toro fue introducida muy probablemente en el intento de reproducirla en granjas comerciales y aprovechar las famosas ancas de rana en los restaurantes (Quintero-Díaz *et al*., 2008).

La rana toro es originaria del centro y este de los Estados Unidos de América y del sur de Canadá (USGS, 2001). Se introdujo en nuestro país en 1853 en San Diego, Cadereyta, en el estado de Nuevo León, en 1898 en Altamira, Tamaulipas (Álvarez-Romero *et al*., 2008), y el siglo pasado fue introducida en los estados de Sinaloa, Sonora y la península de Baja California. Casas-Andreu *et al*. (2001) mencionan la presencia de esta especie en Chihuahua, Distrito Federal, Estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz, así como en estados con granjas comerciales en Sonora, Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Morelos, Estado de México y Yucatán (Casas-Andreu *et al*., 2001). Por otro lado, Ávila-Villegas *et al*. (2007) la reportaron recientemente para Aguascalientes.

La rana toro prefiere cuerpos de agua para vivir y tolera temperaturas tanto frías como cálidas, por lo que se adapta fácilmente a los ambientes perturbados. Inclusive cuando las condiciones son extremas la rana toro tiene la capacidad de hibernar (Álvarez-Romero *et al*., 2008). Lo más peligroso de esta especie exótica es su voracidad ya que, como es tan grande, puede alimentarse de cualquier cosa que se mueva y quepa en su boca, incluyendo otros anfibios, así como serpientes y de vez en cuando pequeños pájaros y murciélagos (Bruening, 2001). Esta voracidad la hace una especie exitosa al explorar nuevos hábitat y puede causar la disminución de otras especies de anfibios, motivo por el cual es considerada una de las 100 especies invasoras más agresivas en el mundo (GISP, 2005).

Uno de los mayores problemas de la presencia de la rana toro es que puede ocasionar un daño severo a las poblaciones nativas de anfibios (ranas y sapos), como *Hyla eximia, Spea multiplicata* y *Lithobates montezumae* con quienes comparte el hábitat en Guanajuato. Asimismo, se cree que también afectará la permanencia de los invertebrados nativos (Quintero-Díaz *et al*., 2008).

Esta especie es vector de varias enfermedades, entre ellas la más importante es el parásito *Haematoloechus floedae* que se hospeda en sus pulmones y que puede transmitir a otros anfibios nativos (Whitehouse, 2002).

Reptiles

Las serpientes ciegas

Dos especies de serpientes ciegas exóticas están presentes en Guanajuato: *Ramphotyphlops braminus*, de origen asiático, y *Leptotyphlops dulcis* nativa de Norteamérica. La primera es una pequeña serpiente excavadora, muy semejante a una lombriz de tierra, pero cuyos movimientos serpenteantes la delatan. Ha sido introducida en casi todas las regiones del mundo (Pough *et al*., 2004). En Guanajuato fue reportada por primera ocasión por Mendoza-Quijano *et al*. (2000) para la Sierra de Santa Rosa y posiblemente se ha esparcido junto con el comercio de plantas de ornato. Aunque son pocos sus registros, en la ciudad de León está relacionada con jardines públicos y privados de las zonas urbanas y suburbanas (Quintero-Díaz *et al*., 2008). *Ramphotyphlops braminus* es una especie partenogenética, lo que quiere decir que todos los miembros de la especie son hembras y no requieren de un macho para su reproducción, característica que facilita su esparcimiento.

Por otro lado, *Leptotyphlops dulcis* ha sido encontrada recientemente en el Área Natural Protegida Cerro de Arandas en Irapuato, Guanajuato (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009). Es fácil confundirla con *R. braminus* por su pequeño tamaño y forma, sin embargo, la distribución original de *L. dulcis* es en el sureste de

Estados Unidos y norte de México (Hammerson *et al.*, 2007), por lo que sorprende la presencia de esta especie en el estado. Es posible que algunos ejemplares hayan sido traídos desde el norte de nuestro país hacia esta zona, estableciéndose una nueva población hacia el centro de México, aunque cabe la posibilidad de que esta especie exista dentro del estado ya que Dixon y Vaughan (2003), la reportan para Querétaro e Hidalgo. La introducción de estas pequeñas serpientes aparentemente no trae consigo grandes daños ecológicos.

La cuija

A esta especie se le conoce con el nombre común de gecko o cuija, pero su nombre científico es *Hemidactylus turcicus*. Es de origen asiático y africano (McCoy, 1970), pero ahora es común observarlas en el mercado de abastos de la ciudad de León, en las bodegas de frutas, al igual que en el estado vecino de Aguascalientes. La presencia de esta pequeña lagartija se ha reportado en los últimos cinco años en Guanajuato (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz 2005, 2008).

La tortuga de orejas rojas

Esta especie (*Trachemys scripta elegans*), mejor conocida como tortuga japonesa, es vendida en casi cualquier tienda de mascotas de Guanajuato; proviene del este de Estados Unidos y aunque no se le encuentra de manera natural en Guanajuato (Flores-Villela, 1993), se han observado pequeñas poblaciones en algunas de las presas de los alrededores de la ciudad de León. Su venta se debe a los llamativos colores, tamaño pequeño de las crías y su fácil cuidado y alimentación. Sin embargo, son de crecimiento rápido si les proporcionan los cuidados requeridos y cuando son adultos requieren de mayores espacios. Debido a esto, los seres humanos frecuentemente las liberan a la vida silvestre o donde se encuentren un cuerpo de agua medianamente grande.

Conclusiones

A lo largo de la historia los seres humanos hemos transportado cientos de especies de un lado a otro, incluso más allá de sus áreas naturales de distribución. Muchos animales y sobre todo plantas fueron llevados para asegurar el alimento, otras viajan escondidas en transportes públicos y en ocasiones algunas especies son utilizadas en proyectos productivos, sin considerar los riesgos que ocasiona el escape de individuos a la vida silvestre.

Es imprescindible que se realice el monitoreo de las poblaciones exóticas y nativas del estado para conocer los efectos de las especies exóticas sobre la biodiversidad y los ecosistemas naturales. Con una mediana diversidad en anfibios y reptiles, el estado de Guanajuato tiene mucho que perder si no se conocen los efectos de las especies introducidas, ya que los daños que pueden ocasionar en los ecosistemas suelen ser irreversibles.

Para ello, se sugiere que se sigan procesos de evaluación de riesgos medioambientales, así como establecer sistemas de prevención eficaces y desarrollar una rápida capacidad de respuesta en cuanto se detecte una especie invasora. Adicionalmente, se requiere de un marco legal para hacer frente a las distintas especies exóticas con presencia en ecosistemas naturales.

Literatura citada

Álvarez-Romero, J., R.A. Medellín., A. Olveras de Ita *et al.* 2008. *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

Ávila-Villegas, H., L. Rodríguez y L.F. Lozano-Román. 2007. "Rana toro (*Lithobates catesbeiaenus*): anfibio introducido en Aguascalientes, México", *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 15: 16-17.

Bruening, S. 2001. "*Rana catesbeiana*. North Amercian Bullfrog", en *The animal Diversity Web, The Regents of the University of Michigan*. University of Michigan Museum of Zoology, en *http:/animaldiversity.ummz.edu.accounts*.

Casas-Andreu, G., X. Aguilar Miguel y R. Cruz Aviña. 2001. "La introducción y el cultivo de la rana toro (*Rana catesbeiana*) ¿un atentado a la biodiversidad de México?", *Ciencia Ergo Sum* **8**: 277-282.

Dixon, J.R. y R.K. Vaughan. 2003. "The status of Mexican and southwestern United States blind snakes allied with *Leptotyphlops dulcis* (Serpentes: Leptotyphlopidae)", *Texas Journal of Science* **55**: 3-24.

Flores-Villela, O. 1993. *Herpetofauna mexicana*. Publicación especial núm. 7. Pittsburgh, Carnegie Museum of Natural History.

GISP (Global Invasive Species Programme). 2005. 1ª ed. Secretaría del GISP.

Hammerson, G.A., D.R. Frost y G. Santos-Barrera. 2007. *Leptotyphlops dulcis*, en IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. *www.iucnredlist.org*, última consulta 16 de octubre de 2009.

Mendoza-Quijano, F., A.S.M. Mejenes, V.H. Reynoso-Rosales *et al*. 2000. "Anfibios y reptiles de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato: cien años después", *Anales del Instituto de Biología*, Serie Zoología **72**: 233-243.

McCoy, C.J. 1970. "*Hemidactylus turcicus*. (Linnaeus). Mediterranean Gecko". *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, núm. 87.

Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle *et al*. 2004. *Herpetology*. Prentice Hall, Inc.

Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger *et al*. 2001. "Especies exóticas, enfermedades y sobreexplotación", en *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. México, Fondo de Cultura Económica (FCE), pp. 225-252.

Quintero-Díaz, G.E., J. Vázquez-Díaz y J.J. Sigala-Rodríguez. 2008. "Anfibios", en *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. México, CONABIO/Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE)/Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), pp. 135-139.

Uriarte-Garzón, P. y E. Lozoya-Gloria. 2009. *Manual del inventario de la fauna del Área Natural Protegida "Cerro de Arandas", Irapuato, Gto*. Parque Ecológico de Irapuato, A.C.

USGS (United States Geological Survey) . 2001. American bullfrog. *Rana catesbiana*. Northern Praire Wildlife Research Center, en *http:/www.npwrc.usgs.gov/nacam/idguide/bullfrog.htm*.

Vázquez-Díaz, J., y G.E. Quintero-Díaz. 2005. *Anfibios y Reptiles de Aguascalientes*, 2ª ed. México, CONABIO/Centro de Investigaciones Multidisciplinarios de Aguascalientes.

——— y G.E. Quintero-Díaz. 2008. "Reptiles exóticos", en *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. 2008. México, CONABIO/IMAE/UAA, pp. 253-254.

Whitehouse, C. 2002. "A study of the frog lung fluke *Haematoloechus* (Trematoda: Haematoloechidae) collected form areas of Kentucky and Indiana", *Proceedings of the Indiana Academy of Science* **1**: 67-76.

CAMBIOS EN LOS MODELOS AGRÍCOLAS EN GUANAJUATO: USO DE RECURSOS NATURALES EN COMUNIDADES DEL NORTE DEL ESTADO

María del Carmen Cebada Contreras

Al estudiar las estrategias de reproducción campesinas en un contexto de marginación se percibe una vinculación muy estrecha entre el deterioro de la calidad de vida de este sector de población con la degradación de los ecosistemas[1] y agrosistemas[2] existentes. Lo que conduce al interés por tratar de comprender la congruencia social y ecológica de la agricultura campesina con el objetivo de conocer cómo se da el aprovechamiento o la apropiación de los recursos naturales en los procesos de producción y reproducción campesina en algunas poblaciones del norte del estado. Se ejemplifica con tres comunidades rurales: La Higuerilla y Sábila, en el municipio de Xichú, en la región noreste, cuyos habitantes combinan la agricultura de subsistencia con la producción artesanal, y La Tinaja del municipio de San Diego de la Unión, en la región norte, donde los productores sustituyen o combinan cultivos tradicionales con un cultivo más comercial, ambas regiones son consideradas, respectivamente, como las más pobres[3] de la entidad. Se considera que la situación de precariedad productiva conduce a los campesinos al uso intensivo y sobreexplotación de los recursos naturales con los que cuentan o a los que tienen acceso. El imperativo económico sobrepasa el ecológico, poniendo en riesgo la sustentabilidad de los ecosistemas naturales y *artificializados*.[4]

La agricultura campesina

Algunos enfoques parten del supuesto de que el sistema de producción campesino se da en correspondencia con los ecosistemas, que prevalece una racionalidad tendiente a la conservación del equilibrio ecológico, pero en estrecha relación con las decisiones y objetivos de sus estrategias económicas (Parra, 1994; Toledo, 1994; Leff, 1994; Pepin-Lehalleur, 1985). Sin embargo, este comportamiento no se observa en los lugares estudiados. Los rasgos que caracterizan a la agricultura campesina –minifundista– es producir los alimentos necesarios para el sostenimiento de la familia. En las decisiones productivas no participa el criterio de la rentabilidad económica sino el de maximizar o preservar el patrimonio familiar, en general los recursos productivos de que disponen son insuficientes o limitados, por lo que la unidad de producción campesina hace un manejo combinado de los recursos que posee o a los que puede acceder, de acuerdo con sus conocimientos empíricos y tradición cultural. Combina sus recursos en tierra y fuerza de trabajo, básicamente familiar; siembra cultivos asociados para tener acceso a un gran número de productos para su consumo, buscando disminuir el riesgo de pérdida de la cosecha; aplica una baja densidad de siembra para disminuir la competencia de las plantas por nutrientes y agua.

[1]Por ecosistema se entiende un conjunto de componentes bióticos y abióticos conectados a través de la transferencia de materia, energía e información que permite el intercambio genético entre individuos de una misma especie, desarrollando los procesos de evolución y especiación, lo que otorga la diversidad y la complejidad que caracteriza a la naturaleza (Cf. Toledo, 1994; CEPAL, 1985).

[2]Los agrosistemas son ecosistemas *artificializados*. La supervivencia y el desarrollo de la sociedad humana requiere de la transformación de vastos ecosistemas. La pregunta que siempre está presente se refiere a ¿cuál es la *artificialización* óptima? (Leff, 1986; CEPAL, 1985).

[3]Cf. Boltvinik *et al*., 1997.

[4]Se considera como ecosistemas naturales los que no han sido drásticamente modificados por la intervención del hombre y donde predomina la vegetación y fauna originaria del lugar. En los ecosistemas *artificializados* se ha alterado la mayor parte si no es que en su totalidad la vegetación y fauna del lugar.

Cebada Contreras, M. C. 2012. "Cambios en los modelos agrícolas en Guanajuato: uso de recursos naturales en comunidades del Norte del Estado" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 339-343.

En el caso de tener un cultivo comercial remunerador, busca aumentar el ingreso monetario mediante el incremento de la productividad del suelo aplicando insumos externos a la medida de sus posibilidades.

Sin embargo, diversos factores, principalmente los económicos,[5] condicionan las formas de producción campesina que la llevan a modificar el uso de los recursos (Parra, 1994; Toledo, 1994; Villalpando, 1994). De manera tal que llega a romper, la mayoría de las veces, el equilibrio ecológico o los mecanismos de regulación naturales de los ecosistemas: se siembran monocultivos, la frontera agrícola crece a costa de la deforestación, bajan los rendimientos en la superficie laborable o se incrementan rendimientos mediante el uso de insumos industriales, esto último se hace con la aplicación de paquetes tecnológicos[6] que los hace dependientes de esos insumos. Por lo que los altos índices de eficiencia productiva alcanzados se han conseguido a un costo ecológico y social verdaderamente incalculable, pues se comporta como una agricultura "extractiva" y depredadora de los recursos naturales (suelo, agua, vegetación, fauna) (Parra, 1994; Toledo, 1994). Así, la producción campesina se encuentra inmersa en una serie de relaciones asimétricas, observándose una gran desigualdad en el acceso a los recursos en los ámbitos productivos y sociales.

La contradicción entre el crecimiento de las necesidades familiares y la reducción de la capacidad productiva los conduce a desplegar una serie de estrategias de producción y reproducción social. Por una parte, aparece la necesidad de la incorporación de miembros de la familia al mercado de trabajo, a procesos de emigración internacional o de asalariados en las ciudades e, incluso, a actividades de la denominada economía informal. Por la otra, surge el uso intensivo o sobreexplotación de los recursos naturales, incluyendo el uso de tecnologías e insumos, en ocasiones no adecuados o no recomendados ecológicamente, o con gran desconocimiento de su uso, en el intento de mejorar la producción e incrementar la productividad, lo que conduce a un deterioro de los recursos. La situación de marginación económica afecta las prácticas agrícolas y condiciones de producción, generándose un abatimiento de la capacidad productiva, volviéndolas insostenibles a largo plazo.

El norte del estado de Guanajuato y los sistemas de producción analizados: el nopal y tuna (*Opuntia streptacantha*) y el ixtle (*Agave* sp.)

A continuación se describen algunas situaciones que tienen que ver con el uso, manejo y gestión de los recursos naturales.[7] Se ejemplifican dos formas contrastantes de uso y apropiación de recursos naturales, por medio del ixtle como recurso natural, en las comunidades rurales de Xichú y la tuna roja como un cultivo inducido en comunidades del norte del estado.

La región norte del estado presenta condiciones de aridez, con una precipitación media anual de 400 mm. Predomina el clima semiseco en la mayor parte de la región, semicálido en las áreas bajas y subhúmedo en las partes más altas. La altura sobre el nivel del mar fluctúa entre los 860 y 2 600 m. Se presentan diversos tipos de vegetación de los cuales el bosque, el matorral y el pastizal son los más representativos. El uso pecuario predominante es el pastoreo de ganado caprino y en pendientes menores se aprovecha para el ganado bovino, que se practica sobre agostaderos. Los almacenamientos hídricos superficiales son escasos. Los mantos acuíferos se encuentran a profundidades que fluctúan entre

[5]Se hace referencia a procesos tales como modernización, crisis, globalización, proletarización, urbanización, cuyos impactos se manifiestan en un deterioro de sus condiciones de producción y de vida, una relación asimétrica con el mercado (precios bajos para sus productos, baja capacidad económica para la compra de bienes de consumo básico); la incorporación de la fuerza de trabajo familiar a un mercado de trabajo asalariado fluctuante y a distancia, y la lucha cotidiana por la supervivencia familiar.
[6]Los paquetes de modernización de la agricultura, en México, no han considerado las características de la producción campesina.
[7]Las reflexiones fueron extraídas de estudios que se han realizado en comunidades rurales del estado de Guanajuato dentro del proyecto de investigación que tiene como propósito analizar las transformaciones de la agricultura guanajuatense en distintos ámbitos regionales. Cada uno de los casos que se señalan hace referencia a poblados que se ubican en municipios distintos y microrregiones diferentes, de acuerdo a la regionalización establecida por la Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Guanajuato (Copladeg).

los 100 y 400 m (Inegi, 1997). Se ha dado la perforación de pozos para el riego agrícola.

La población muestra un carácter eminentemente rural, asentada en pequeñas comunidades dispersas, aisladas, marginadas y con baja densidad de población. Tienen como actividad económica primordial la agricultura de temporal con fines de autoconsumo, bajo un sistema tradicional de producción agrícola (yunta o tiro para las labores agrícolas, que pueden ser propios o alquilados). Presentan precarias condiciones de vivienda y entorno. Hay un proceso de movilidad de la población que se observa en procesos de migración campo-ciudad e internacional. El agua para uso doméstico también se ha vuelto un problema: con los programas de abastecimiento de agua potable en localidades rurales se ha generado un control externo de los recursos hídricos con los que contaban las comunidades rurales; al entubarse el agua de los manantiales, ahora la reciben por una o dos horas al día y tienen que pagar una cuota para cubrir el gasto de energía eléctrica por bombeo (Cebada, 2004).

En las unidades de producción agrícola campesinas, en la que predominan parcelas cuya superficie es de entre un cuarto o media hectárea, se da la siembra entreverada de maíz y frijol con calabaza, haba, garbanzo y pitahaya, productos destinados básicamente al autoconsumo,[8] que se ve alterada cuando la tierra se erosiona y pierde sus nutrientes. La cría de animales de especies menores o traspatio se hace también con dos finalidades, para complementar la alimentación y como una especie de ahorro familiar para cubrir gastos no imprevistos (bodas, enfermedades, defunciones). Hay una gran dependencia de la recolección de productos que ofrece la vegetación del monte o el agostadero –que por lo general son tierras de uso común, pero que se ha modificado[9] a partir de la declaración de la ley de reforma agraria de 1992–, tales como leña, madera (mencionan el mezquite, palo amarillo y cedro), agaves (ixtle lechuguilla), cactáceas (Cebada, 2004).

En la comunidad estudiada del municipio de San Diego de la Unión, región II norte[10] de la entidad, en la década de los setenta, se introdujeron el nopal y la tuna cardona o roja como monocultivo con variedades no nativas, con fines de producción comercial y posible mercado de exportación como un programa del gobierno federal. Con la "plantación" de nopal desaparece el agostadero y con ello el aprovechamiento tradicional.

En la zona I noreste (Xichú), el ixtle también fue objeto de atención del gobierno federal con los programas de desarrollo rural y aprovechamiento de la vegetación natural, en ese mismo periodo. El programa fomentaba el aprovechamiento del ixtle para la obtención de fibra destinada principalmente al mercado de exportación. La explotación del ixtle como fibra natural se convirtió en una fuente importante de ingresos complementarios para los campesinos que tenían entre sus haberes la jarciería como actividad artesanal, y con la que elaboran básicamente productos utilitarios para las actividades agropecuarias tales como frenos para caballos y burros, costales, ayates, morrales y reatas. Los artesanos distinguen tres tipos de ixtle en la zona para la elaboración de estos productos, según sus características: el arcia para las reatas; el cuate para las reatas de lazar y los amortigones (frenos); y el amole o manza para los morrales y los ayates. Se llevó a cabo la extracción intensiva de la planta sin permitir su recuperación natural, por lo que actualmente se presenta como un recurso escaso y tiende cada vez más hacia el agotamiento.

Las estrategias de reproducción campesinas que tienen como base el uso, manejo y aprovechamiento de estos dos productos naturales, juegan un papel importante en el ingreso fami-

[8]El autoconsumo comprende tres destinos: el alimentario (con un monto de entre 800 y 1 000 kg, que aumentó a 1 500 a 2 000 kg); el que se vende a diario para adquirir otro tipo de productos, y el que se guarda como semilla para la siguiente siembra.

[9]Se hace referencia, en términos de tendencia, al cambio en las tierras de uso al llevar a cabo prácticas como permitir la construcción de vivienda, distribución individual de cierto número de hectáreas o aprovechamiento individual de los recursos que ofrece el monte.

[10]Se toma la regionalización que aplica el gobierno del estado de Guanajuato para el diseño y aplicación de políticas y estrategias de desarrollo, la que divide a la entidad en seis regiones: I noreste, II norte, III centro, IV suroeste, V sur y VI sureste.

liar, aunque su acceso es diferenciado. Cada uno de estos productos forman parte de los microambientes existentes en cada zona, los cuales, como ecosistemas, tienen sus propias leyes biológicas, sin embargo, éstas pueden ser alteradas si se rebasan los límites que permiten la preservación de los mismos.

Dichos sistemas de producción ejemplifican casos de una marginación por inclusión forzada[11] (nopal y tuna) y una marginación por exclusión (ixtle),[12] respectivamente. No hay una valoración del recurso vegetal en sí, ni del suelo, el agua, ni de la alteración al medio ambiente por parte de quienes explotan el recurso natural, pues lo conciben como "infinito", como algo que está ahí y sólo hay que tomarlo, aunque se tenga el conocimiento para su aprovechamiento o cultivo.

Aunque en las comunidades estudiadas de Xichú se siguen encontrando los tres tipos de ixtle, su densidad ha disminuido a tal grado que se tienen que hacer recorridos de entre seis y ocho horas para localizar y arrancar la planta, lo que ha propiciado la especialización entre quienes recolectan y quienes elaboran los productos. Además, no permiten la reproducción natural de los agaves ixtleros: un agave bien explotado, cortando sólo las pencas de afuera, tiene una vida útil de ocho a 10 años, comenzando su vida útil a los dos o tres años de edad, sin embargo, los agaves están siendo arrancados, lo que disminuye su densidad y lo pone en riesgo por agotamiento ya que se alteraran sus condiciones de vida.

En la comunidad de San Diego de la Unión se ha tumbado parte de la vegetación del monte para sembrar el nopal tunero, incluso en los solares urbanos las plantas y árboles se sustituyeron por la siembra de este nopal, alterando el paisaje y volviéndose más dependientes las familias de la producción y venta de la tuna. Al ser un monocultivo, las plantaciones de nopal tunero han presentado problemas de plagas y enfermedades, que para su atención o rehabilitación se requiere una inversión fuerte.

Conclusiones

En general, se observa que la agricultura campesina de autosubsistencia sigue estando presente en las regiones más marginadas del estado. Con el nuevo modelo de desarrollo rural, las opciones se ven restringidas para los productores campesinos. Desde la perspectiva gubernamental, el desarrollo local se ve más en términos de inversión en infraestructura económica (carreteras) y no tanto en apoyo para el desarrollo productivo. Incluso, los programas de desarrollo social se dirigen más a combatir los síntomas de la pobreza pero no las causas, ni cuentan con una visión de apoyo económico productivo.

Es importante hacer diagnósticos, en el ámbito local y regional, que permitan conocer cuáles son las implicaciones temporales y espaciales de las prácticas productivas y las causas que los llevan a ejercer una presión o sobreexplotación de los recursos naturales así como el tipo de respuestas que se están dando. Debe de aplicarse una perspectiva de atención diferenciada, pues cada localidad o región tiene sus propias particularidades.

Cualquier perspectiva de desarrollo rural que se aplique a la agricultura, debe tomar en cuenta las características ecológicas de la zona así como los rasgos de la economía campesina y sus formas de organización y estrategias de producción y reproducción social. Se puede transitar por el camino del cambio tecnológico, pero con una tecnología alternativa que no conduzca a la degradación de los recursos básicos, sino que permita potenciar sus capacidades productivas, entre las que está el uso múltiple de los recursos, más que la especialización, que permita recuperar y garantizar la autosuficiencia campesina en primera instancia, así como el conocimiento empírico o sensibilizar sobre el uso, manejo y gestión adecuado de los recursos naturales.

[11]Los campesinos son incorporados al cultivo "comercial" del nopal tunero y se les ofrecen apoyos gubernamentales, como el crédito, a los cuales acceden en condiciones de producción muy precarias, y la mayor de las veces caen en situación de endeudamiento.
[12]El ixtle y las condiciones de producción no lo hacen sujeto de programas gubernamentales o la obtención de dichos recursos para la producción se vuelve inaccesible para la mayor parte de este tipo de productores.

Literatura citada

Boltvinik, J., F. Cortés y R. Ramírez. 1997. *Mapa de pobreza en el estado de Guanajuato*. Coordinación General para el Desarrollo Regional (Codereg)/Gobierno del Estado de Guanajuato.

Cebada, M.C. 2004. "Condición campesina y formas de apropiación de recursos naturales: del usufructo colectivo a la apropiación individual", en P. Moctezuma *et al.* (coords.), *Guanajuato: aportaciones recientes para su estudio*. México, El Colegio de San Luis/ Universidad de Guanajuato, pp. 387-408.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina). 1985. *Avances en la interpretación ambiental del desarrollo agrícola en América Latina*. Santiago de Chile. Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1997. *Cuadernos estadísticos municipales: Xichú, San Diego de la Unión, Guanajuato*.

Leff, E. 1986. *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. México, Siglo XXI editores.

——— (comp.). 1994. *Ciencias sociales y formación ambiental*. México, Gedisa/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Parra, M.R. 1994. "Análisis multidisciplinario para el desarrollo agrícola en los Altos de Chiapas", en T. Martínez *et al.* (eds.), *Agricultura campesina: orientaciones agrobiológicas y agronómicas sobre bases sociales tradicionales versus tratado de libre comercio*. México, Colegio de Postgraduados, pp. 65-81.

Pepin-Lehalleur, M. 1985. "Las unidades domésticas campesinas y sus estrategias de reproducción", en K. Appendini *et al.*, *El campesinado en México. Dos perspectivas de análisis*. México, El Colegio de México, pp. 15-31.

Toledo, V.M. 1994. "Ecología y modernización campesina", en T. Martínez *et al.* (eds.), *Agricultura campesina: orientaciones agrobiológicas y agronómicas sobre bases sociales tradicionales versus tratado de libre comercio*. México, Colegio de Postgraduados (CP), pp. 173-180.

Villalpando, O.K. 1994. "Agricultura campesina: el enfoque ecológico. Las perspectivas futuras", en T. Martínez *et al.* (eds.), *Agricultura campesina: orientaciones agrobiológicas y agronómicas sobre bases sociales tradicionales versus tratado de libre comercio*. México, CP, pp. 167-171.

5 Capítulo

SITUACIÓN HIDRÁULICA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

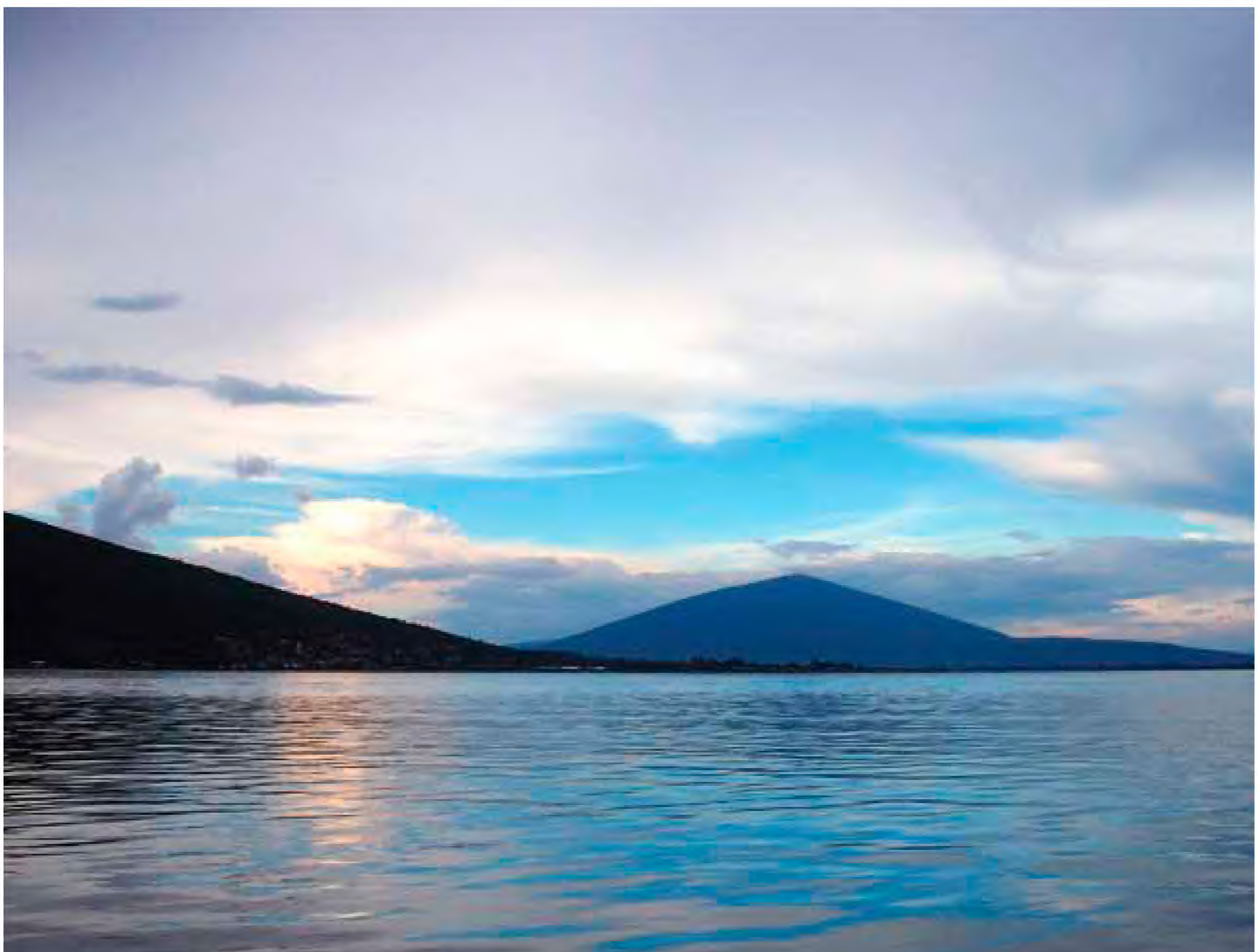
Angélica Casillas Martínez | José Abraham Soto Ávila

Introducción

El estado de Guanajuato se localiza entre los paralelos 19°55' y 21°52' de latitud N y los meridianos 99°41' y 102°09' de longitud O. Colinda con los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro, Jalisco y Michoacán. Tiene una superficie total de 30 589 km^2, la cual representa 1.6% del territorio nacional (CEAG, 2006).

Pertenece a dos regiones hidrológicas: la región Lerma-Santiago (RH-12) y la región hidrológica del Pánuco (RH-26). Participa en la labor de administración del recurso hídrico junto con otros estados contiguos en tres Consejos de Cuenca: Lerma-Chapala, río Santiago y río Pánuco (figura 1).

El estado cubre 44% del total de la Cuenca Lerma-Chapala, en ella se encuentran 40 de los 46 municipios que conforman el estado, y en cuya superficie se asienta 97% de la población total.



Dos de febrero (fotografía de Blanca Esther Pérez Pérez).

Casillas Martínez, A. y J. A. Soto Ávila. 2012. "Situación Hidráulica del Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 344-350.

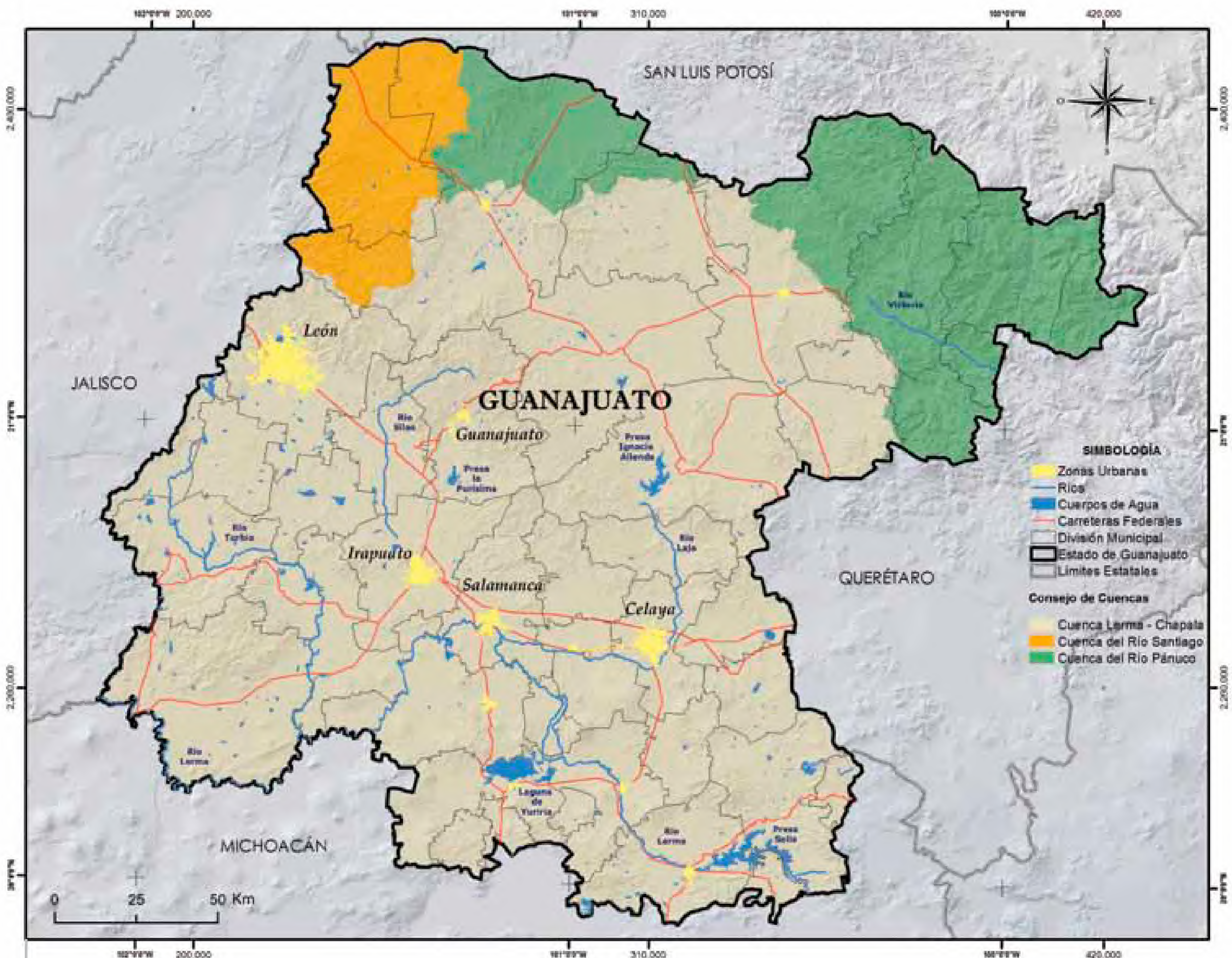


Figura 1. Consejos de Cuenca en los que participa el estado (CEAG, 2006).

Antecedentes

A partir de la segunda mitad del siglo xx, la población en México se incrementó rápidamente. Bajo estas circunstancias, hubo una demanda creciente de los recursos naturales, incluyendo el agua, para el abastecimiento urbano e industrial y para irrigación.

La demanda de agua continuó incrementándose, lo que provocó un grado de estrés en el estado disminuyendo la disponibilidad de agua *per capita*,[1] que actualmente es de 724 m^3/hab/año (CEAG, 2006), cuando el promedio en el país es de 4 312 m^3/hab/año (Conagua, 2008). Como se muestra en la figura 2 hubo una disminución del recurso de más de tres veces de 1950 a 2005.

Diagnóstico del agua en el estado

La ubicación geográfica del estado ha sido favorable para el desarrollo de una gran infraestructura, como centros urbanos, agrícolas e industriales intercomunicados con los que se establecen condiciones propicias para el crecimiento económico y social de la entidad. Y si bien el capital hídrico-ambiental de Guanajuato ha sido factor preponderante para el desarrollo del estado, sobre todo en la región Lerma-Chapala, también ha sido sometido a condiciones que ponen en riesgo el equilibrio del medio ambiente.

Aguas superficiales

La principal infraestructura hidráulica en el estado la representan las presas para uso agrícola. Las de mayor dimensión son las presas Solís (con una capacidad total de 1 217 hm^3)[2], Ignacio Allende (251 hm^3) y La Purísima (195 hm^3), todas ellas localizadas en la cuenca del río Lerma. En la cuenca del Pánuco y Santiago se presentan obras de menores dimensiones.

En el año 2000, la Comisión Nacional del Agua (Conagua) estimó un balance de aguas superficiales para la región de Guanajuato que comprende la cuenca Lerma-Chapala (RH-12) —donde se concentran las principales demandas—, el cual arrojó una diferencia entre el escurrimiento generado en el estado y las demandas (principalmente agrícolas) de 224 hm^3 (figura 3).

Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas representan la principal fuente de abastecimiento. A partir de la regionalización de las aguas subterráneas de la entidad (figura 4), conciliada en correspondencia

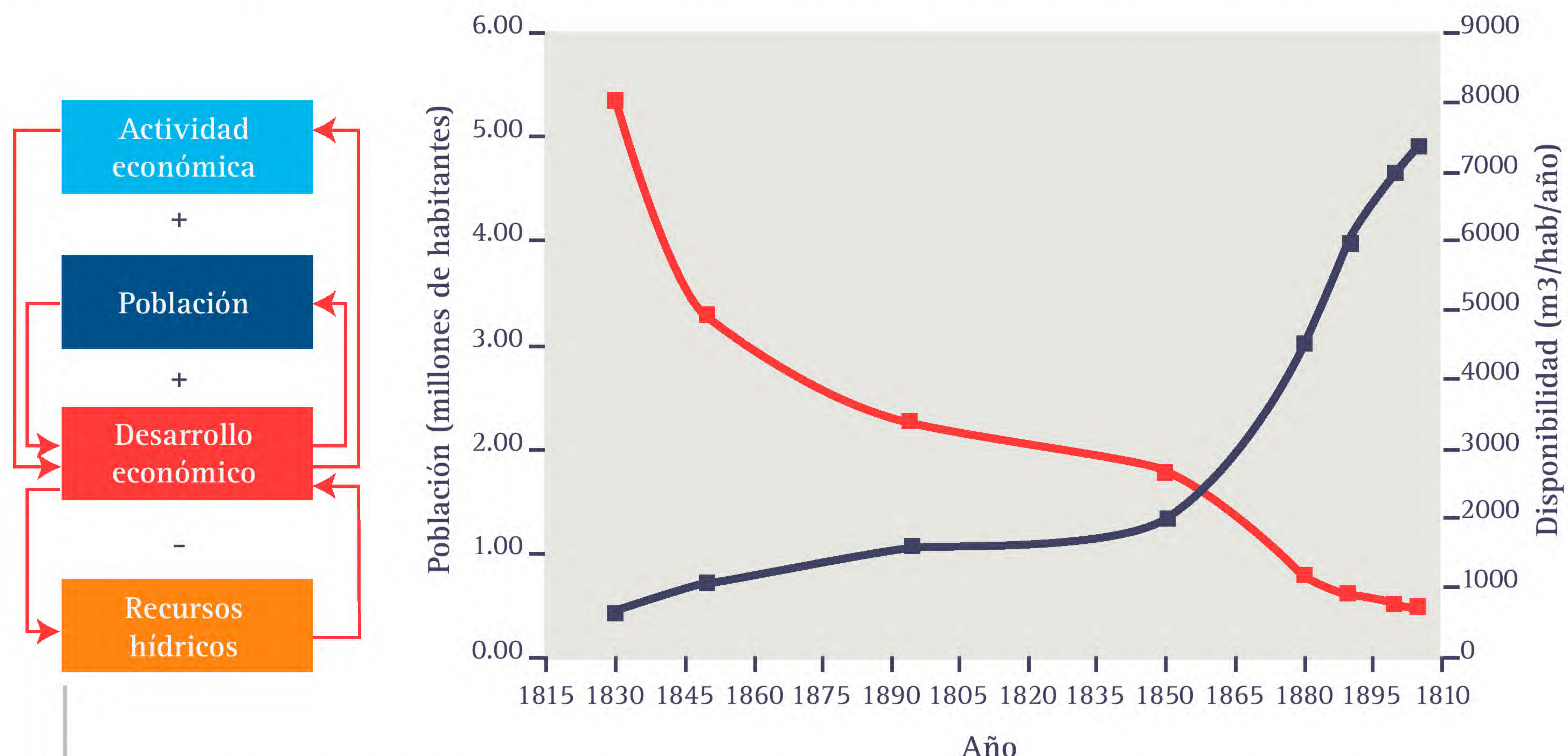


Figura 2. Evolución de la disponibilidad per capita en el estado de Guanajuato. Fuente: CEAG, 2006.

[1]La disponibilidad natural media *per capita* de una región se calcula dividiendo la disponibilidad natural media entre el número de habitantes.
[2]1hm^3=1 000 000 m^3.

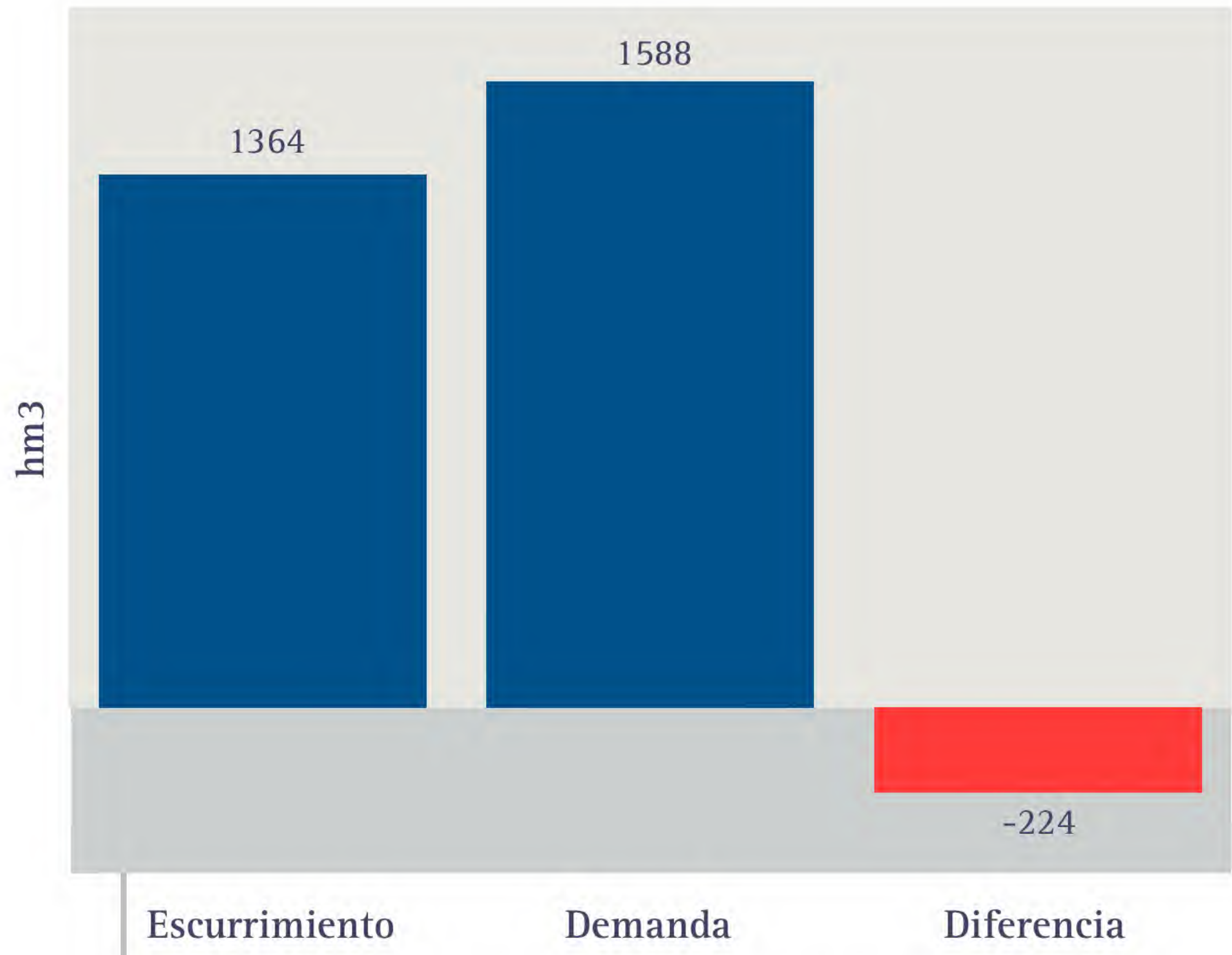


Figura 3. Balance de aguas superficiales.

con la delimitación de los acuíferos establecida por la Conagua para Guanajuato, la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) formuló un balance hidráulico.

El balance general de los acuíferos indica que de 1998 al año 2001, el déficit se incrementó gradualmente hasta alcanzar 1 258 hm^3 (figura 5), y posteriormente se redujo hasta tener en el año 2006 un déficit de 982 hm^3, aunque en 2007 se incrementó este déficit en 12 hm^3 respecto al año anterior. La reducción de las salidas o extracciones puede tener una o varias causas, entre las que destacan: la aplicación de políticas en la explotación del agua subterránea (gracias a los programas de fertirriego y de la conciencia lograda en los usuarios), los altos costos de energía eléctrica para la extracción del agua subterránea, y el colapso o abandono de los pozos sin posibilidades de recuperación (CEAG, 2009).

Este déficit ha repercutido en un abatimiento en el nivel estático de los acuíferos, ya que se han observado abatimientos de 0.5 a 2.5 metros por año (CEAG, 2009).

Globalmente (uso superficial y subterráneo) el principal consumo de agua en el estado es para uso agrícola con 88.27%, seguido por el público con 8.40% y el industrial con 3.33% (CEAG/ Conagua, 1999).

Calidad del agua

La calidad del agua en cauces y almacenamientos en el estado ha sufrido severo deterioro por descargas de aguas residuales sin previo tratamiento, recibidas de los centros de población. Por otro lado, la deforestación en las partes altas de las cuencas produce la erosión del suelo con el consecuente arrastre de sedimentos que son depositados en los cauces y embalses, reduciendo su capacidad de tránsito y almacenamiento. Asimismo, la contaminación con desechos orgánicos provoca la infestación con lirio acuático, la disminución del oxígeno disuelto que, sumado a la disminución de la entrada de luz, afecta la producción de fitoplancton y con ello toda la cadena trófica.

En monitoreos realizados por la Conagua en diferentes puntos de cauces y almacenamientos en el estado, se observó que diferentes tramos de los ríos Laja y Turbio se encuentran de contaminados a fuertemente contaminados, aunque se observaron tramos del río Lerma con niveles de calidad desde contaminado, aceptable y excelente, según el punto de muestreo (Conagua, 2006).

Sobre la calidad del agua subterránea se puede mencionar que en la mayoría de los casos se satisfacen los requerimientos para consumo humano, sin embargo, derivado del abatimiento de los niveles estáticos, ha sido necesario perforar a mayor profundidad teniendo como consecuencia agua de menor calidad (CEAG, 2010).

Síntesis del diagnóstico

Durante décadas, las políticas para la administración del agua (el otorgamiento de concesiones, el control de extracciones, etcétera) no pudieron evitar que los sistemas hídrico-ambientales hayan sido sometidos a grandes esfuerzos, lo que ha llevado a varias regiones del país, como es el caso del estado de Guanajuato, a condiciones de déficit.

Los principales problemas en el estado con respecto al recurso hídrico son: *a*. La demanda de agua para los diferentes sectores usuarios ha superado la disponibilidad natural de agua superficial y subterránea en las diferentes regiones del estado; *b*. Conforme a la información de la red de monitoreo de la Conagua y los estudios de la CEAG algunos cuerpos de agua presentan diferentes grados de contaminación.

Estas circunstancias afectan diferentes aspectos del desarrollo sustentable. Por un lado el déficit de agua limita el desarrollo económico y

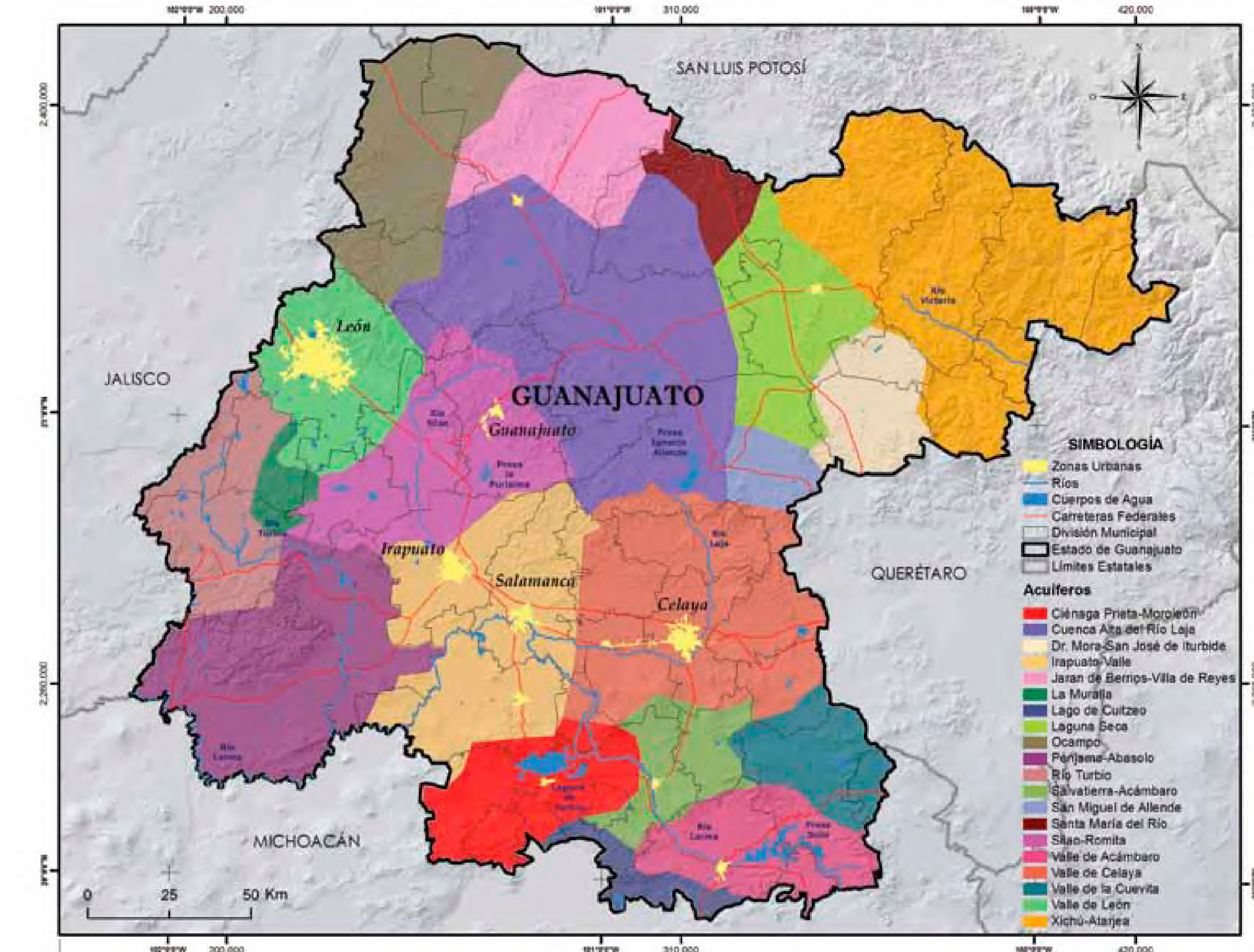
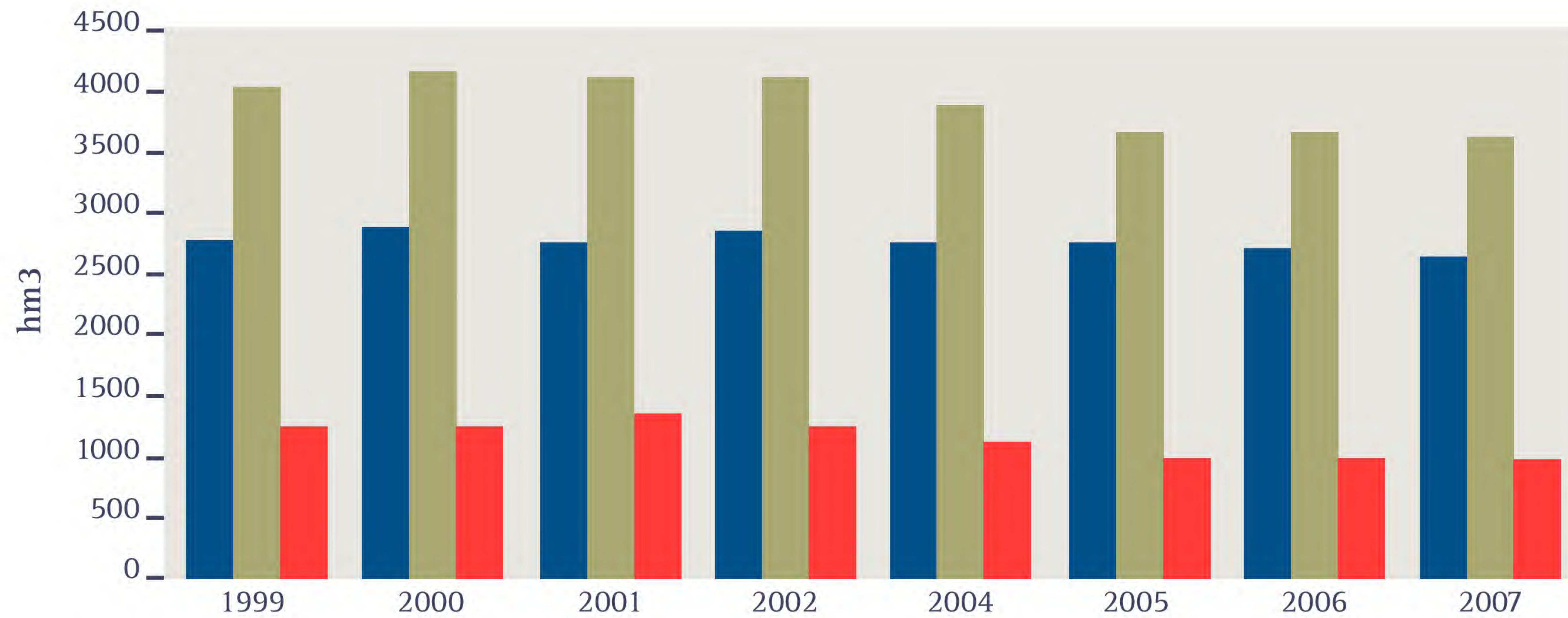


Figura 4. Acuíferos en el estado de Guanajuato (CEAG, 2006).



	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2006	2007
Entradas al acuífero	2777	2905	2764	2854	2762	2754	2695	2646
Extracciones	4027	4163	4112	4122	3888	3677	3677	3640
Déficit	1249	1258	1348	1268	1126	984	982	994

Figura 5. Balance de aguas subterráneas en el estado de Guanajuato.

dificulta el acceso de la población más desfavorecida al recurso y, por otro, la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la contaminación traen consigo el desequilibrio de los ecosistemas y afectaciones a la biodiversidad.

La problemática en el sector agrícola ha sido objeto de múltiples análisis. El rezago en el mejoramiento, rehabilitación y conservación de la infraestructura hidroagrícola es la causa más palpable que explica el bajo aprovechamiento del agua para riego. Evidentemente, la escasez de recursos económicos y financieros es el principal motivo de que no se lleve a cabo de manera adecuada la conservación diferida de la infraestructura. Sin embargo, la deficiente organización de los usuarios dificulta aún más la posibilidad de coordinar esfuerzos y gestionar recursos para aplicarlos en el mejoramiento de la infraestructura.

Además de los problemas relacionados a las condiciones en las que se encuentra la infraestructura, siguen presentándose prácticas inadecuadas en el manejo del agua para riego. Esta situación se debe fundamentalmente a la falta de capacitación, así como a la deficiente o inexistente reglamentación en las unidades de riego.

Acciones para la administración del agua en el estado de guanajuato

Dada la importancia que tiene el recurso hídrico para el desarrollo regional, el estado ha llevado a cabo acciones encaminadas a tener un uso sustentable del recurso mediante herramientas e instrumentos como el Programa Estatal Hidráulico, que mediante un diagnóstico de la situación hidráulica, el estudio prospectivo y el planteamiento de líneas estratégicas, permite identificar y priorizar acciones orientadas a cambiar la situación actual del recurso. Este proceso de planeación comenzó en el año 1999, y a la fecha se pueden mencionar los siguientes avances:

- Actualmente, Guanajuato tiene una cobertura de agua potable superior a la media nacional (89.6% nacional y 92.2% Guanajuato); ha reducido significativamente el rezago existente en materia de alcantarillado y se ha dado un impulso al saneamiento de las aguas residuales, pasando de una cobertura de 35% en el año 2000 a 68% en el año 2007, cuando la media nacional es de 38.3% (Conagua, 2008).
- Se cuenta con instrumentos que permiten el monitoreo del ciclo hidrológico, tales como la instalación de estaciones climatológicas (lluvia, temperatura) e hidrométricas (para flujo en río), así como la medición dos veces al año de los niveles estáticos en los acuíferos. Asimismo, desde el año 2001 la CEAG se ha dado a la tarea de implementar redes de monitoreo de calidad del agua subterránea que permitan identificar la evolución de la misma. Actualmente se cuenta con una cobertura de 11 de los 20 acuíferos del

estado: Pénjamo-Abasolo, Valle de León, La Muralla, río Turbio, Silao-Romita, Valle de Celaya, Ciénega Prieta-Moroleón, Salvatierra-Acámbaro, Valle de la Cuevita, Valle de Acámbaro y lago de Cuitzeo; monitoreando 190 pozos en un promedio de dos veces por año, con parámetros base como son iones mayores y orgánicos, así como en algunos casos parámetros especiales como son metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas.

• Se tienen importantes avances en tecnificación agrícola (fertirrigación, labranza de conservación, rehabilitación de distritos de riego). Se considera que aproximadamente 40% de la superficie bajo riego en el estado cuenta con algún tipo de tecnificación.

Literatura citada

CEAG (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). 2006. *Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2012*.

———. 2009. *Actualización de las mediciones piezométricas (secas y lluvias) de los acuíferos del Estado*. México.

———. 2010. *Monitoreo de la Red de calidad del agua de 11 acuíferos del Estado de Guanajuato*. México.

CEAG/Conagua (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato/ Comisión Nacional del Agua). 1999. *Estudios hidrogeológicos de Guanajuato*. México.

Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2000. *Acuerdo de Coordinación para la Disponibilidad y Distribución de las Aguas Superficiales. Agosto de 1991. Actualización de las bases y procedimientos para el cálculo de disponibilidad y distribución de las aguas superficiales*. México.

———. 2006. *Formulación del Programa Hídrico por Organismo de Cuenca, Visión 2030 de la Región Hidrológico-Administrativa VIII, Lerma-Santiago-Pacífico*. México.

———. 2008. *Estadísticas del Agua en México*. México.

EL CAMBIO DE USO DE SUELO Y EL AGUA EN GUANAJUATO

Roberto Paredes Melesio | Andrés Mandujano Bueno | María del Pilar Alamilla Gòmez

El estado de Guanajuato se encuentra situado dentro de las regiones hidrológicas Lerma Santiago (83%) y Pánuco (17%) que, a su vez, comprenden las cuencas Lerma-Chapala, río Pánuco y río Santiago, en las que se distribuye el 78, 17 y 5% del territorio estatal. En la cuenca Lerma-Chapala se encuentra asentada 98% de la población del estado y el resto en las otras dos (Inegi, 2010). La demanda promedio de agua se estima en 1 033.2 millones de metros cúbicos (Mm^3): 993.5 Mm^3 de la región Lerma-Chapala y 39.7 Mm3 del alto Pánuco (CEASG, 2000). La situación del agua superficial y subterránea en Guanajuato, es crítica. La extracción excesiva del vital líquido ha generado una situación ambiental grave en la entidad, ya que el minado de agua subterránea provoca el descenso entre dos y 10 metros por año en acuíferos, cuyo nivel saturado se encontraba entre 70 y 120 metros hasta 1998 (se extraen más de 3 000 Mm^3 por año, de los más de 17 000 pozos reportados hasta ese año), aunado al incremento en los costos de electricidad, la construcción de pozos de mayor profundidad, el asentamiento y fracturamiento del terreno en zonas urbanas, entre otros aspectos sociales, económicos y ambientales (Chávez-Guillen, 1998; Guerrero-Reynoso, 1998).

Una de las actividades humanas que mayor impacto tiene sobre el agua es la producción agrícola donde se emplea más de 80% del agua disponible en 1.2 millones de ha, de las cuales 400 000 se cultivan bajo condiciones de riego, y un alto porcentaje de los recursos hídricos empleados para esta actividad dependen del agua subterránea. Tan sólo la cuenca Lerma-Chapala, que representa 15% de la superficie de riego agrícola del país, utiliza principalmente agua subterránea y en menor grado agua superficial. El sector agrícola aporta 6.7% del Producto Interno Bruto en el estado (Plan de Gobierno Guanajuato 2006-2012), y es una actividad que presenta gran dinamismo en lo que respecta a la superficie ocupada, ya que se relaciona con aspectos sociales, económicos y ambientales que favorecen los cambios en el uso de suelo, entre los más comunes se encuentra, por un lado, la expansión de su frontera hacia zonas forestales o marginales y con bajo potencial (Priego *et al*., 2004) y, por el otro, su decremento debido a la urbanización e industrialización, la construcción de infraestructura, la conversión a agostaderos y el abandono de los terrenos. Estos procesos afectan directamente el comportamiento hidrológico de las cuencas y ocasionan cambios en las propiedades hidráulicas (conductividad hidráulica, capacidad de almacenamiento, sortividad) y fisicoquímicas (estructura, porosidad, materia orgánica, etcétera) del suelo agrícola, que se traducen directamente en impactos a la biodiversidad del estado. Estos cambios se reflejan en el ciclo del agua, ya que el suelo interviene como medio para establecer su flujo. En Guanajuato, la superficie agrícola estimada entre 1972 a 2009 muestra una reducción de 33%, (Paredes *et al*., 2011) figuras 1 y 2. Este cambio de uso de suelo se debe principalmente al crecimiento del área urbana, abandono de tierras y a la construcción de nueva infraestructura.

Los cambios en los diferentes usos de suelo son evidentes, aun en el uso del suelo agrícola para el estado, ya que es posible detectar grandes transformaciones en la superficie de riego a temporal y viceversa, como lo muestra la figura 3.

Los distritos más afectados por el cambio de uso de tierra de riego a temporal durante el periodo de 1972-2009 son los DDR 03 y 05, que corresponden a las zonas donde por más de 30

Paredes Melesio, R., A. Mandujano Bueno y M. D. P. Alamilla Gómez. 2012. "El cambio de uso de suelo y el agua en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 351-356.

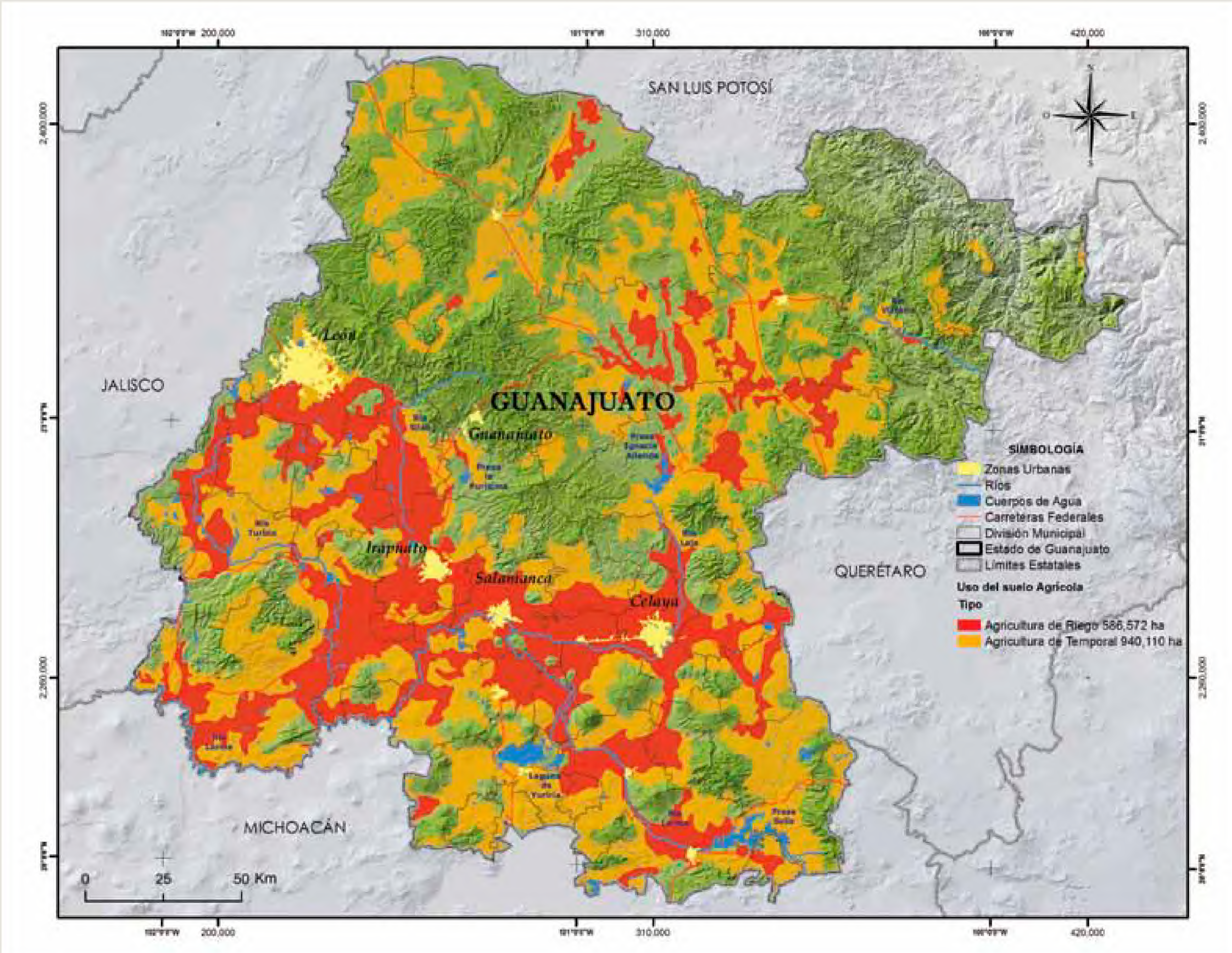


Figura 1. Área agrícola reportada en 1972, carta del uso del suelo y vegetación, serie I (Inegi 1972).

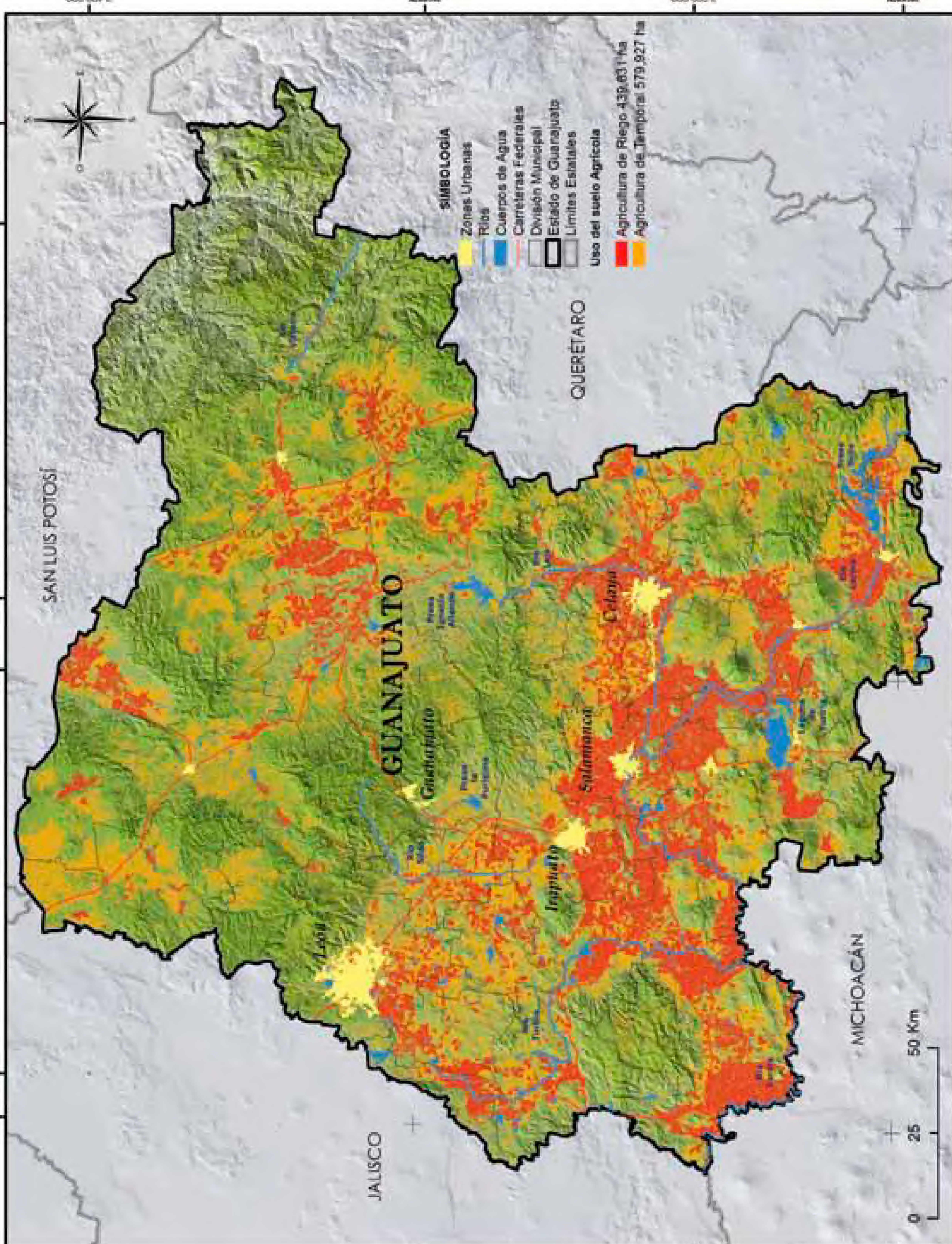


Figura 2. Área agrícola reportada en 2009 (Gámez, 2009).

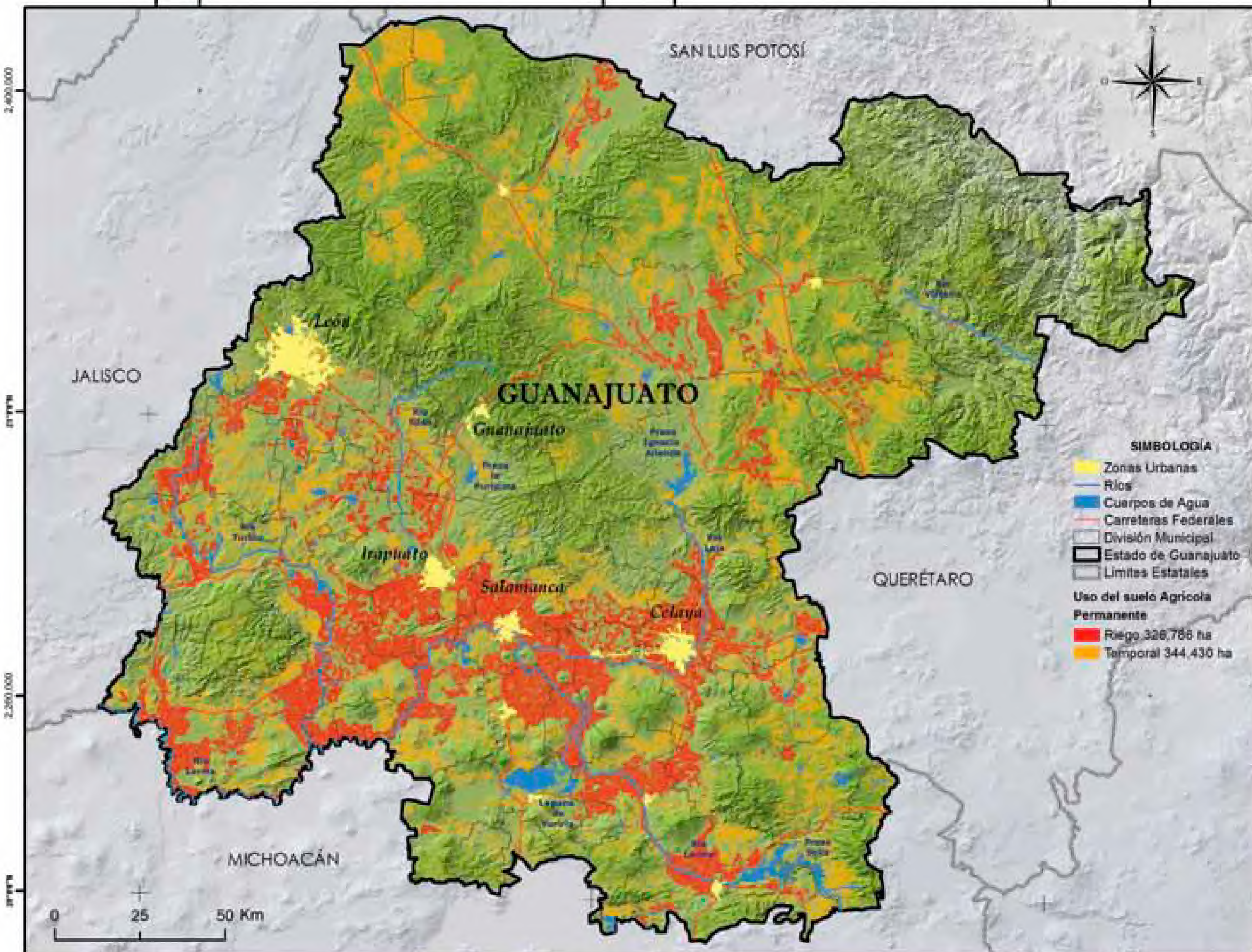


Figura 3. Cambios del área agrícola 1972-2009.

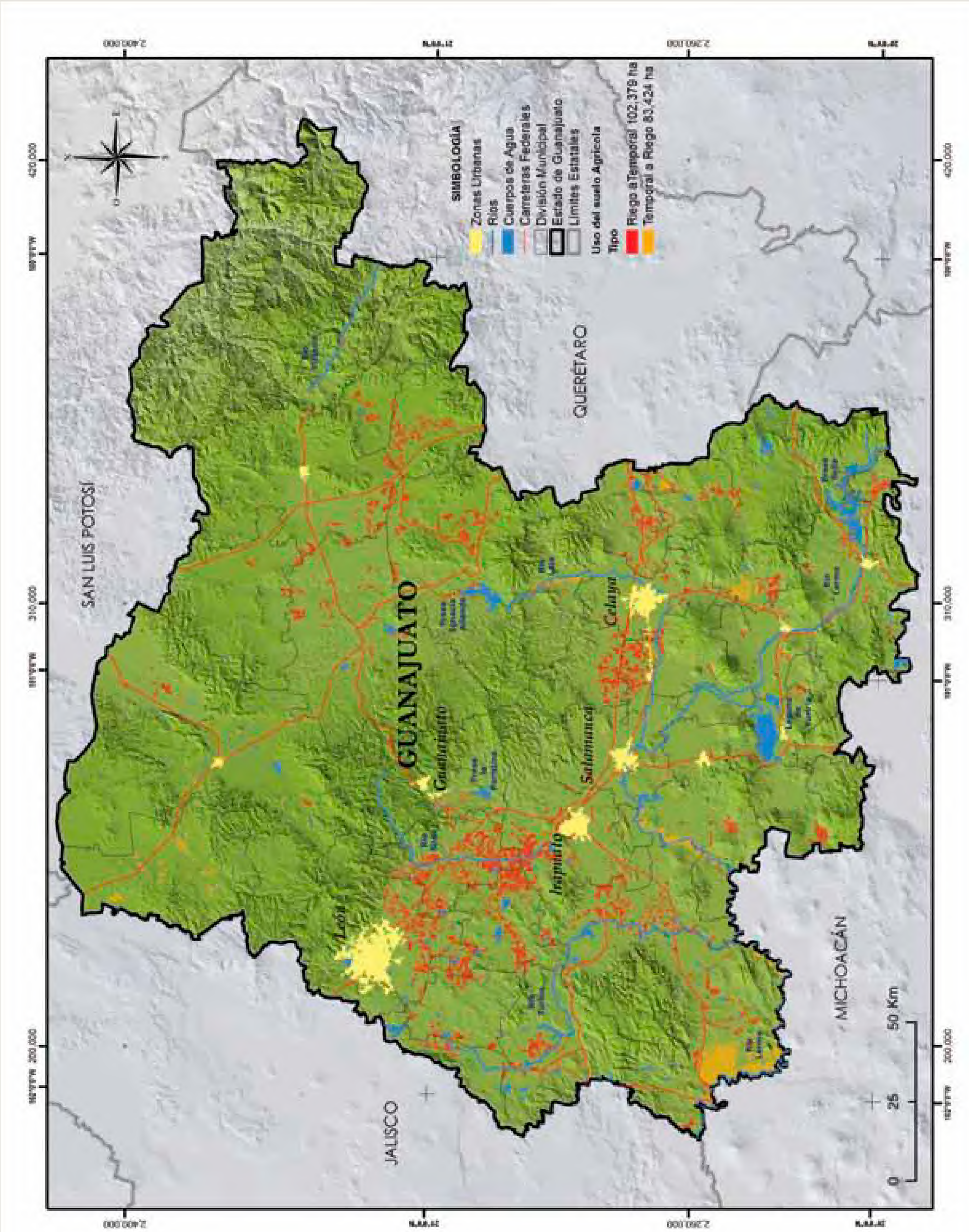


Figura 4. Área agrícola permanente entre los años 1972-2009.

años se ha realizado con mayor intensidad la producción de granos básicos y hortalizas y en donde el empleo de sistemas de producción intensivos está caracterizado por el manejo de monocultivos, cuyas prácticas son altamente mecanizadas, con uso de grandes cantidades de agroquímicos y fertilizantes, así como desperdicio de agua. Estos cambios se reflejan en la disminución crítica de la disponibilidad de agua superficial y subterránea en el estado y con ello en la disminución del área agrícola de riego.

Sin embargo, se puede apreciar que existen áreas que han permanecido bajo una misma condición de riego por más de 30 años (figura 4), áreas que están asociadas a importantes escurrimientos y cuerpos de agua de donde se abastecen y por lo que cuentan con la presencia de pozos profundos. En estos pozos es evidente el abatimiento de los mantos freáticos debido a la extracción constante del vital líquido y donde se observa la concentración de diferentes elementos dañinos, tanto para el ser humano como para las actividades que desarrolla, como lo muestran estudios recientes que indican un incremento en los contenidos de flúor, arsénico y sodio en diferentes regiones del estado, que afecta tanto la fertilidad del suelo como los procesos de fotosíntesis y movimiento de nutrientes en la planta. En casos severos, el suelo se vuelve improductivo, al grado que cerca del 15% de las tierras agrícolas de la entidad ya están afectadas (Ortega, 2008), dando lugar a la modificación de la superficie agrícola de riego a temporal.

Literatura citada

CEASG (Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Guanajuato). 2000. “Diagnóstico a la situación hidráulica del estado de Guanajuato y estrategia en materia de agua”. *Plan estatal hidráulico de Guanajuato* 2000-2025. Guanajuato, México. pp 78-79

Chávez-Guillen, R. 1998. “Estado actual del conocimiento del agua subterránea en el estado de Guanajuato”, en *Memorias del Simposio Internacional de Aguas Subterráneas*, León, Gto., México, pp. 32-42.

Gámez, V.A.J. 2009. Informe final del proyecto “Actualización del uso y aptitud del suelo agrícola en el estado de Guanajuato”. Celaya, Gto., México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Guerrero-Reynoso, V. 1998. “Participación social en el aprovechamiento de las aguas subterráneas, el caso Guanajuato”, en *Memorias del Simposio Internacional de Aguas Subterráneas*, León, Gto., México, pp. 19-28.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).1972. *Carta de Uso de suelo y vegetación.*

——— (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, en *http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/gto/rh.cfm?c=444&e=11*, última consulta 24 de octubre de 2010.

Ortega, G.M.A. 2008. Situación del agua subterránea en dos regiones del estado de Guanajuato, ubicadas dentro de la cuenca Lerma-Chapala: implicaciones sociales, legislativas, políticas y económicas”, en R.H. Ruiz, G.E. Rodríguez, H.J.A. Rodríguez (comps.), *Desarrollo, recursos naturales y actores sociales en Guanajuato.* México, Unidad de Estudios Superiores de Salvatierra/ Grupo Interdisciplinario de Reflexión y Asesoría para el Desarrollo, A.C. (GIRAD A.C)., pp. 111-131.

Paredes, M.R., A. Mandujano, A. Gámez *et al.* 2011. “Actualización del mapa de uso del suelo agrícola en el estado de Guanajuato”, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 85-96.

Plan de Gobierno 2006-2012. *Gobierno del estado de Guanajuato. Contigo vamos*, tomo I, *Empresa, Empleo y Seguridad.*

Priego, A., H. Cotler, A. Fregoso *et al.* 2004. La dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala. Gaceta Ecológica, en: *http://redalyc.uaemex.mx/pdf/539/53907103.pdf,* última consulta 24 de octubre de 2010.

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Claudia Bárcenas | Carlos Aarón Ávila | Juan Guillermo de J. López

Introducción

Uno de los temas de mayor interés en los últimos años ha sido el cuidado del medio ambiente, convirtiéndose en foco de atención de los gobiernos. La contaminación atmosférica es uno de los problemas más importantes de contaminación ambiental derivado del crecimiento acelerado de la población, por sus efectos en la salud, principalmente en los países en vías de desarrollo. El problema de contaminación atmosférica afecta local y globalmente, recordemos que el aire no tiene fronteras, existen contaminantes que permanecen en el aire por periodos largos de tiempo y se trasladan grandes distancias.

En el estado de Guanajuato, se han elaborado varios inventarios de emisiones de contaminantes –monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_X), óxidos de azufre (SO_X), partículas con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y compuestos orgánicos totales (COT)–, también de gases de efecto invernadero (GEI) –metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y bióxido de carbono (CO_2), así como el monitoreo atmosférico de contaminantes criterio, denominados así porque existen límites máximos permisibles para aire ambiente –ozono (O_3), bióxido de azufre (SO_2), NO_X, CO y PM_{10}. Con todo ello, es posible conocer el impacto de la contaminación atmosférica en el estado.

Inventario de emisiones

Del inventario de emisiones contaminantes 2006 (IEE, 2007), se destaca la emisión de 1 425 776 toneladas al año (t/a) de contaminantes, los cuales son generados por diferentes fuentes, clasificadas como fuentes fijas, móviles, naturales y de área. Este inventario refleja que las fuentes móviles (vehículos automotores) son los principales emisores de contaminantes en el estado, produciendo aproximadamente 1 023 173 t/a, lo que representa 71.8%; en segundo lugar, se encuentran las emisiones procedentes de fuentes naturales como incendios forestales, con 10.3% de las emisiones totales; en tercer lugar, se encuentran las fuentes fijas (sector industrial) con 9.3% y, por último, las fuentes de área (combustión comercial, residencial y servicios) con 8.6% de las emisiones totales (figura 1).

De acuerdo a los resultados de dicho inventario, el CO es el contaminante que más se emite

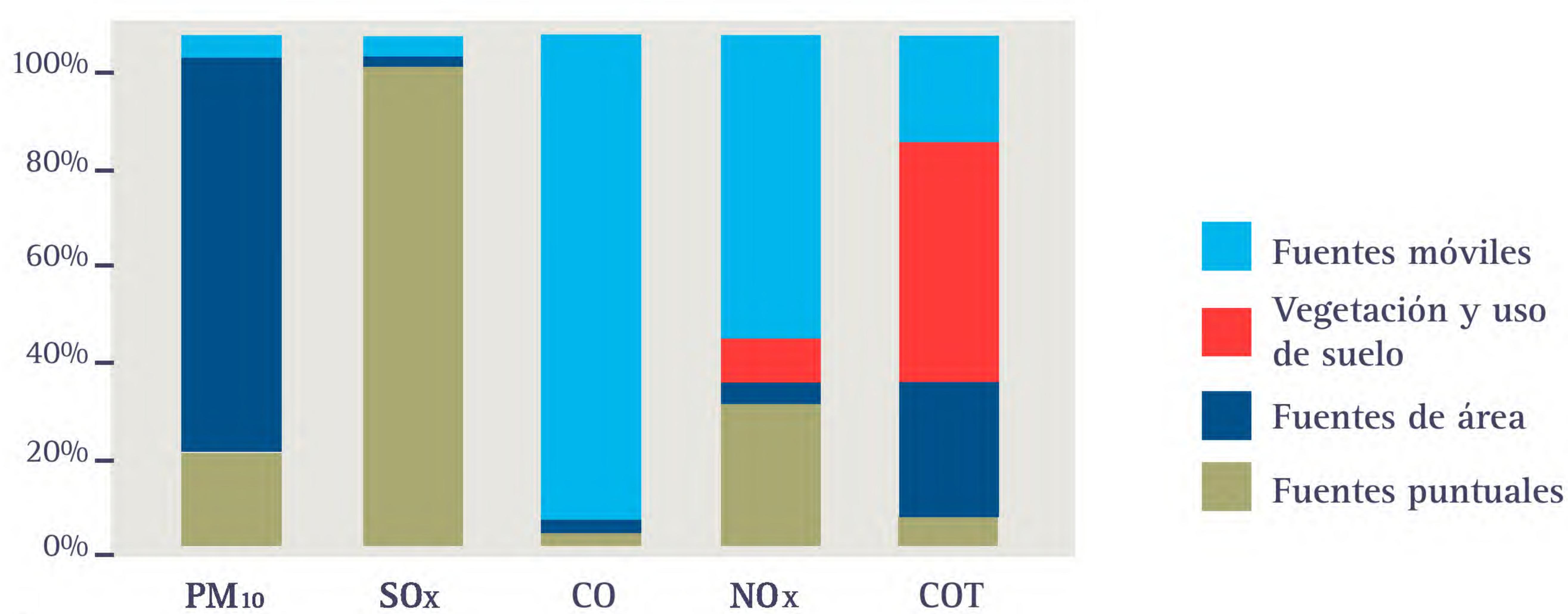


Figura 1. Contribución porcentual por sector y contaminante.

Bárcenas Blancarte, C., C.A. Ávila Plascencia y J. G. de J. López. 2012. “Impacto de la contaminación atmosférica” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 357-362.

en el estado con 67.3% de las emisiones totales al año, seguido de los COT: 20.2%; SO_2: 6.1%; NO_X: 4.3% y, finalmente, PM_{10} con 2.1%.

En este sentido, se observa que los municipios que contribuyen mayoritariamente son León, Celaya, Irapuato y Salamanca, relacionado con la densidad de población; sin embargo, sobresalen algunos municipios más pequeños que se ubican fuera del corredor industrial, donde su aportación es atribuida a que tienen emisiones antropogénicas significativas, como es el caso de San Luis de la Paz, ubicado en el cuarto lugar (figura 2).

Otro dato importante sobre contaminación atmosférica en el estado es el arrojado por el Inventario de GEI (IEE, 2009*a*) el cual reporta la generación de 24 295.66 Gigagramos (Gg, equivalente a mil toneladas) de CO_2 equivalente, lo

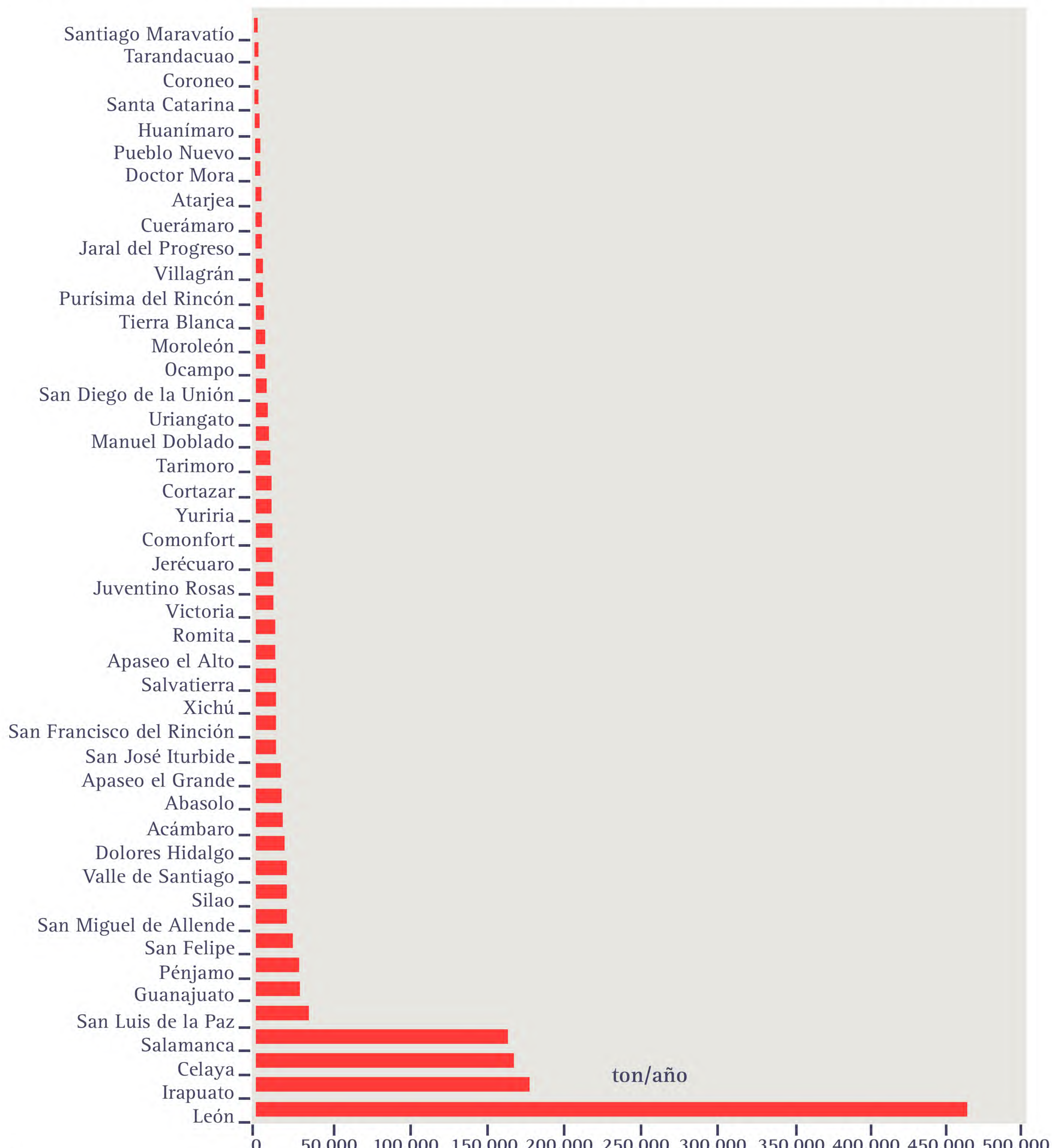


Figura 2. Contribución de emisión de contaminantes criterio por municipio.

que representa aproximadamente 3.4% respecto a lo emitido a nivel nacional de CO_2 equivalente (INE, 2010). Con los datos de este inventario se corrobora que la principal fuente de emisión en el estado es el sector transporte, el que reporta una emisión de 5 570 Gg de CO_2 equivalente al 23% del total. Otra contribución importante de GEI son las industrias energéticas, con 22% de las emisiones totales, además de los residuos municipales que generan 144 Gg de CH_4, correspondiente a 3 032.51 Gg de CO_2 equivalente. Lo anterior refleja que el estado tiene una aportación importante de gases que contribuyen al calentamiento global (figura 3).

En este sentido, los inventarios de emisiones muestran cómo se están vertiendo los gases a la atmósfera; sin embargo, para conocer el impacto real sobre la salud humana o los ecosistemas, es necesario saber cuanto tiempo permanecen los contaminantes en determinando espacio, con el fin de conocer realmente las concentraciones a que se encuentra expuesta la población y deducir si existe o no algún impacto, sin perder de vista que en la atmósfera existen reacciones con otros elementos presentes.

Una herramienta con la que se cuenta en el estado para conocer la calidad del aire ambiental de manera tangible es el monitoreo atmosférico de *contaminantes criterio* (CO, NO_X, SO_2, O_3 y PM_{10}); este monitoreo se inició en 1999 en la ciudad de Salamanca y se fue extendiendo hasta tener cubiertas las cinco principales cabeceras municipales (Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao y León), ubicadas todas dentro del corredor industrial del Bajío; al mismo tiempo, se realiza el muestreo manual de partículas suspendidas totales (PST), PM_{10} y $PM_{2.5}$ en ciudades como Abasolo, Cortazar, Villagrán, San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo, Juventino Rosas, Moroleón, Acámbaro, Salamanca y León.

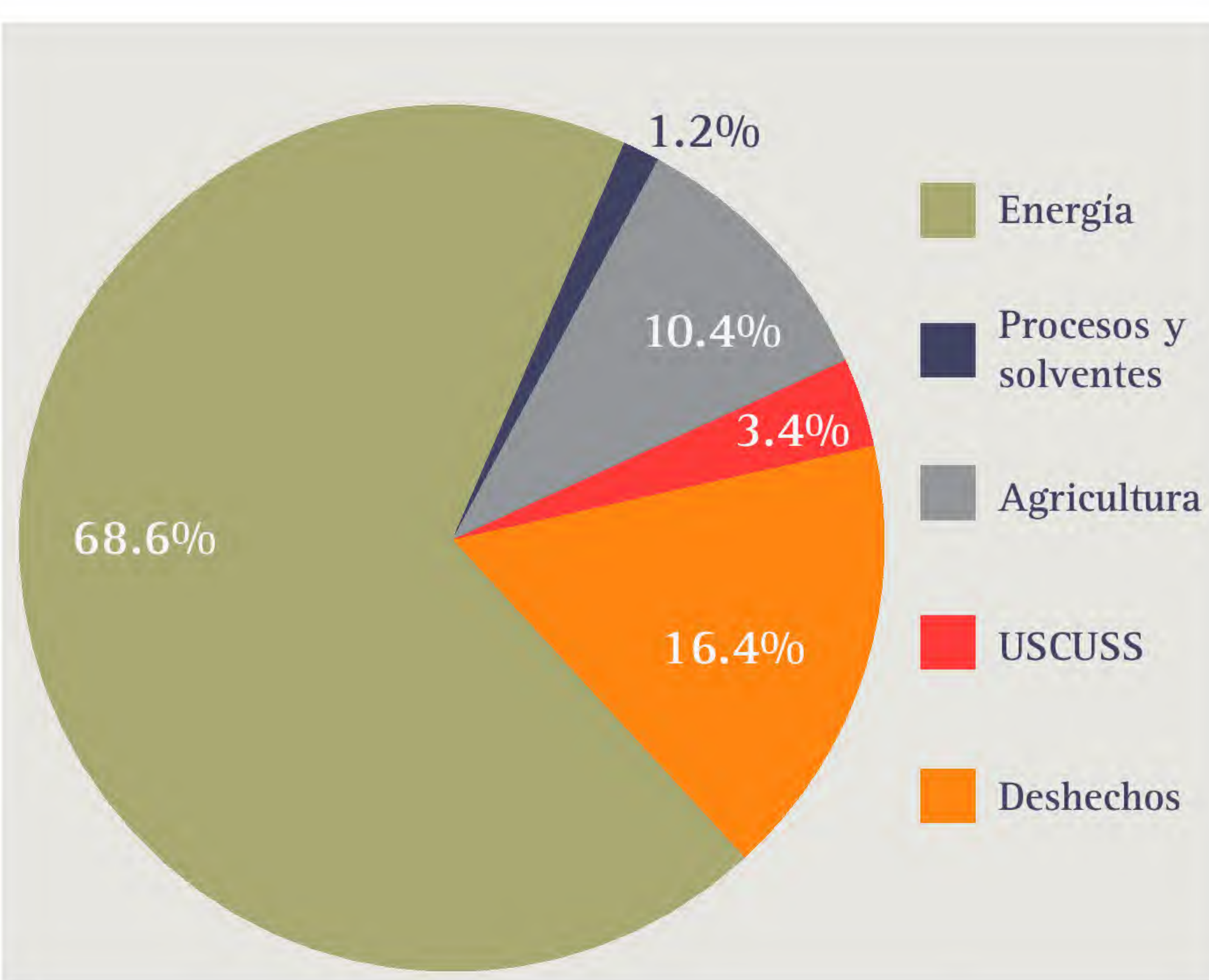


Figura 3. Aportación de emisiones de CO_2 equivalente en el estado de Guanajuato en el 2005.

Resultado de los monitoreos

Con el monitoreo atmosférico fueron evidentes los altos valores de SO_2 en Salamanca, que llegaron a sobrepasar los niveles normados (130 ppm promedio en 24 horas) hasta en 88 días en el año 2001, y de PM_{10} en el año 2006, sobrepasando el nivel normado (120 µg/m^3 en 24 horas) en 33 días. Asimismo, para la ciudad de León, en el año 2006 se reportaron valores elevados de PM_{10}, específicamente en la zona sureste donde se ubica la estación de la Cámara de la Industria del Calzado del Estado de Guanajuato (CICEG), valores que sobrepasaron los niveles normados (120 µg/m3 en 24 horas) hasta en 62 días (IEE, 2010 *a,b*).

Con relación al O_3, también se han registrado valores por encima del valor establecido en la norma (110 ppm en una hora) en todas las ciudades monitoreadas; sin embargo, a diferencia de los otros contaminantes, las incidencias son esporádicas considerando que la norma para O_3 especifica datos horario, de modo que con una hora que esté por encima del valor establecido se toma como el día fuera de norma, por lo que los tiempos de exposición a este contaminante no son considerables.

Programas

Derivado de lo anterior, en el año 2003 se implementó el primer Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2003-2006 (ProAire I), cuyo objetivo fundamental fue la reducción de emisiones, principalmente de SO_2 y partículas PM_{10}, que en su momento eran los principales contaminantes detectados en Salamanca; con este primer ProAire se tuvieron los avances iniciales, logrando reducir los días fue-

Cuadro 1. Días fuera del valor establecido por la norma (contaminantes criterio).

Año	Salamanca					León					Celaya					Irapuato					Silao				
	O_3	SO_2	NO_2	CO	PM_{10}	O_3	SO_2	NO_2	CO	PM_{10}	O_3	SO_2	NO_2	CO	PM_{10}	O_3	SO_2	NO_2	CO	PM_{10}	O_3	SO_2	NO_2	CO	PM_{10}
2005	5	32	0	0	31	1	0	0	0	44	2	0	0	0	4	6	0	0	0	4	NA	NA	NA	NA	NA
2006	8	34	0	0	33	1	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2007	13	7	0	0	14	11	0	0	0	40	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	2	0	0	18	18	0	0	0	27	1	0	0	0	2	2	0	0	0	2	1	0	0	0	3
2009	3	0	0	0	9	26	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	2

Días en los que se sobrepasó el nivel de la Norma, que para cada caso es:

O_3 - NOM-020-SSA1-1993, donde tiene un máximo permitido horario de 110 ppm de no ser rebasado una vez al año, así también en el promedio móvil es el valor quinto máximo que debe ser menor o igual a 80 ppb, esto fue publicado el 30 de octubre de 2002.

SO_2 - NOM-022-SSA1-1993, donde su límite máximo diario es de 130 ppb al año, y en forma anual el promedio de 30 ppb publicado el 18 de agosto de 1994.

NO_2 - NOM-021-SSA1-1993 donde su límite máximo permitido es de 210 ppb, publicado el 23 de diciembre de 1994.

CO - NOM-021-SSA1-1993, donde tiene un máximo permitido de 11 ppm una vez al año y fue publicado el 12 de agosto de 1994.

PM_{10} - NOM-025-SSA1-1993 y su límite máximo permitido en 24 hrs es el percentil 98 menor o igual a 120 $\mu gr/m^3$, y en promedio móvil en 8 hrs debe ser menor o igual que 50 $\mu gr/m^3$ y fue publicado el 26 de septiembre de 2005.

ra de norma de SO_2 de 79 reportados en 2003 a 34 en 2006, como resultado de las acciones implementadas por las paraestatales Pemex y CFE (IEE, 2004) (cuadro 1).

No obstante lo anterior, en julio de 2005, como parte de los compromisos del primer ProAire, entró en vigor el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en Salamanca, para lograr la reducción inmediata de las concentraciones de SO_2 y partículas PM_{10}, con la finalidad de disminuir los tiempos de exposición de la población. En este programa, se establecieron fases de activación de precontingencia, contingencia fase I y contingencia fase II, para los cuales se fijaron valores en promedios móviles para esos contaminantes (IEE, 2008*b*).

De lo anterior resultaron en 2006 un total de 29 precontingencias, 22 por SO_2 y siete por partículas PM_{10}. A pesar de los avances en reducción de concentraciones, esta situación generó una gran preocupación en la población, ya que en las activaciones de precontingencias se les informó sobre los riesgos y medidas que debían tomar para evitar daños en la salud (IEE, 2005).

La presión social para ese entonces fue considerable y facilitó que para el año 2007 iniciara el segundo Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012 (ProAire II), con el cual se logró disminuir significativamente las concentraciones de SO_2, a tal grado que en 2007 únicamente se reportaron siete días fuera de norma por este contaminante, y desde enero de 2008 no se han tenido reportes de días fuera de norma por SO_2, lo que significa que al 1 de octubre de 2010 se cumplieron 1 000 días sin rebasar la norma de dicho contaminante. Además, en cuanto a precontingencias por este contaminante, en 2007 solamente se tuvieron cuatro días y dos en 2008, que fueron las últimas; sin dejar de señalar que en junio de 2009 se actualizó el Programa de Contingencias y se redujeron los niveles de activación de precontingencias para este contaminante.

En cuanto a partículas PM_{10}, los primeros registros en Salamanca se obtuvieron en 2005, reportando para ese año 31 días fuera de norma y en 2006 se registraron 33 días, lo que requirió que para el segundo ProAire se enfocaran acciones más específicas para la reducción y control de este contaminante. Sin embargo, debido a las fuentes diversas de emisión, como la quema de esquilmos agrícolas y de pastizales y basura, fue más difícil su disminución. No

obstante, se han tenido avances pues se han logrado reducir los días fuera de norma para llegar a nueve en 2009, y a cuatro precontingencias. Lo anterior refleja que las acciones de gestión a través de los ProAire han sido efectivas, sin embargo, aún hay mucho por hacer para continuar con el control y la disminución de estos contaminantes en Salamanca.

Otro caso importante de contaminación atmosférica es el que se presenta en la ciudad de León. Es el municipio con la mayor generación de contaminantes atmosféricos y, de acuerdo al monitoreo de calidad del aire, ha reportado datos significativos de días fuera de norma por PM10, registrando hasta 62 en el año 2006, lo que el arranque del primer Programa para Mejorar la Calidad del Aire de León 2008-2012 (IEE, 2008*a*) iba dirigido principalmente a la reducción de estas partículas, así como a la implementación, a partir de agosto de 2009, de un Programa de Prevención de Altos Niveles de PM_{10} (IEE, 2009*b*), enfocado a la zona sureste del municipio, donde se encuentran los reportes de excedencias de la norma.

En este sentido, los avances hasta el año 2010 indican que no se han tenido días fuera de norma por PM_{10} por lo menos hasta el mes de octubre y no ha habido necesidad de activar ninguna fase de las establecidas en el Programa de Prevención de Altos Niveles de PM_{10} desde que entró en vigor.

No obstante que con el monitoreo de la calidad del aire en Salamanca y León se han evaluado de manera más evidente los impactos directos de la contaminación atmosférica en la población, se está poniendo atención en otras ciudades ubicadas principalmente en el corredor industrial, como Celaya e Irapuato, que por su desarrollo poblacional podrían en un corto plazo presentar también incidencias considerables, lo que se refleja en el comportamiento regional principalmente para partículas PM_{10}.

En este sentido, y sin dejar de considerar que las fuentes móviles son las principales contribuyentes, se tiene establecido el Programa Estatal de Verificación Vehicular y en los últimos dos años se han realizado esfuerzos enfocados entre otras cosas a la conciencia ciudadana para que de esta manera contribuya al mejoramiento ambiental. Asimismo, se está desarrollando un Programa Estatal de Transporte Limpio, de forma coordinada con la Semarnat, el cual tiene como objetivo impulsar estrategias en el transporte de carga y de pasaje local y federal que circula por el estado para la adopción de tecnologías que permitan la reducción del consumo de combustibles y así disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio.

Impactos en la salud

Ahora bien, respecto a los impactos en la salud de la población del CO, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 9 ppm (o 10 000 µg/m³) promedio de ocho horas una vez al año. La Norma Oficial Mexicana de CO establece como límite una concentración de 11.00 ppm (12 595 µg/m³) promedio de ocho horas, que sólo puede ser rebasada una vez al año, como medida de protección a la salud de la población susceptible. Como referencia, se puede mencionar que en la Ciudad de México, la exposición a CO está determinada por la proximidad a las fuentes que lo producen, como el tráfico intenso. Las concentraciones promedio de ocho horas son por lo regular inferiores a la norma establecida. Asimismo, dentro de una cocina puede haber concentraciones de 10 a 30 ppm (11.5 a 34.5 µg/m³), y durante periodos cortos de tiempo puede llegar hasta 50 ppm (57.5 µg/m³) o más. El cigarrillo también es una importante fuente de emisión en interiores (GDF, 2010).

Respecto a las PM_{10}, penetran directamente al aparato respiratorio sin ser capturadas por sus mecanismos de limpieza, donde pueden acumularse, dependiendo de su tamaño, en diferentes sitios vitales. Las investigaciones sobre los efectos en la salud por exposición a las partículas suspendidas se han enfocado últimamente al estudio de las PM_{10} y, más recientemente, en las $PM_{2.5}$. En los niños, la exposición a partículas se ha asociado con un incremento en la frecuencia de síntomas respiratorios como tos, dificultad para respirar y dolor en el pecho, así como de infecciones respiratorias y enfermedades respiratorias pulmonares (IEE, 2008*b*).

Contaminación atmosférica y cambio climático

En cuanto al impacto de la contaminación atmosférica sobre el cambio climático, en las últimas décadas se ha reconocido el calentamiento global sobre el que debemos estar alertas, ya que no sólo afecta a la política y la economía, sino que también a la naturaleza y, en consecuencia, a nuestra salud. A raíz de los cambios que produce el calentamiento global los científicos han encontrado afectaciones a la salud, por lo que elaboraron modelos para poder predecir dónde se presentarán esos cambios, destacando que en los próximos años se podría dar un aumento de las alergias estacionales haciéndolas más intensas y duraderas. Las algas cianobacterias o azul-verdosas proliferarán más con el aumento de las temperaturas del agua y con ello los problemas sobre el aparato digestivo, neurológico, el hígado y enfermedades dermatológicas.

Conclusiones

El impacto de la contaminación atmosférica en el estado se ha incrementado principalmente en los municipios ubicados en el corredor industrial. Salamanca y León han requerido atención especial debido a los contaminantes reportados, donde se han implementado los Programas para Mejorar la Calidad del Aire enfocados a la reducción de emisiones. Sin embargo, el impacto de las emisiones se refleja en otros municipios debido al transporte y dispersión de los contaminantes, por lo que las acciones que se están desarrollando deben tener un enfoque regional.

Asimismo, no debe perderse de vista que la mayor contribución de emisiones proviene de fuentes móviles, por lo que habría que fortalecer las acciones enfocadas a estas fuentes de emisión. De igual forma los niveles detectados de PM_{10} en todo el corredor son considerables, por lo que se deben robustecer las acciones regionales, sobre todo en épocas críticas (cuando se presentan bajas temperaturas). Además, es necesario reforzar la concientización en la población para evitar quemas de cualquier tipo; intensificar la divulgación entre los agricultores para evitar la quema de esquilmos que, como se ha demostrado, impacta significativamente a la región al incrementar los niveles de PM_{10}.

Literatura citada

GDF (Gobierno del Distrito Federal). 2010. *http://www.sma.df.gob.mx*, última consulta octubre de 2010.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2004. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2004-2006*. Guanajuato, Gto.

———. 2005. *Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de Salamanca*. Guanajuato.

———. 2007. *Inventario de Emisiones Guanajuato 2006*. Salamanca, Gto.

———. 2008*a*. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de León 2008-2012*. León, Gto.

———. 2008*b*. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012*. Salamanca, Gto.

———. 2009*a*. *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Guanajuato 2005*. Salamanca, Gto.

———. 2009*b*. *Programa de Prevención de Altos Niveles de Particulas PM_{10} en León. Guanajuato.*

———. 2010*a*. *Informe de Estado y Tendencias de la Calidad el Aire, Guanajuato 2009*. Guanajuato.

———. 2010*b*. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. *Análisis de Estado y Tendencias de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, Guanajuato 2009*. Salamanca, Gto.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 2010. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006*. México, D.F.

CONCENTRACIÓN DE METALES EN PLANTAS Y SEDIMENTOS DE LA PRESA DE SILVA

Ma. Guadalupe de la Rosa Álvarez | Gustavo Cruz Jiménez | Estefanía Medina Fuentes
Claudia Karina Sánchez Sánchez | Salvador Solís González

Introducción

La Presa de Silva se localiza en los municipios de San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón, en el estado de Guanajuato. Actualmente se encuentra en recuperación, después de que en 1995 murieron entre 20 000 y 40 000 aves acuáticas migratorias en este sitio (CCWHC, 1995; CCA 1999), y en donde se estima que alrededor de 20 especies diferentes de aves migratorias fueron afectadas. Después de este evento diversas organizaciones no gubernamentales presentaron una petición ante la Comisión para la Cooperación Ambiental (CEC, por sus siglas en inglés) para preparar un informe que determinara las posibles causas de los decesos, así como las medidas para evitar otro en el futuro. Aunque se reportó que el botulismo fue la principal causa de las muertes, también se indicó que los compuestos orgánicos y metales encontrados en sedimentos y aves pudieron contribuir a la mortandad (CEC, 1995). Por decreto, en noviembre de 1997 se declaró Área Natural Protegida en la categoría de zona de restauración ecológica (Vargas-Márquez *et al*., 2002), y en 1998 se publicó el programa de manejo del sitio con fines de restauración (POGE, 1998).

Trabajos anteriores han demostrado el nivel de contaminación de este lugar. Rosiles-Martínez (1998), quien cuantificó varios metales en algunos cuerpos de agua del centro de México, reportó concentraciones de 61 mg/kg de cobre y 318 mg/kg de cromo en sedimentos de la Presa de Silva, valores mucho más altos que los que se determinaron en otros cuerpos de agua en dicho estudio. Sin embargo, hasta donde sabemos, para la Presa de Silva no existen reportes científicos sobre la posible absorción de estos elementos por plantas u organismos endémicos a este sitio.

En el presente trabajo se muestrearon sedimentos y plantas que crecen a la orilla de la presa, con el fin de elaborar un listado florístico del lugar, así como determinar concentraciones de diferentes metales en las muestras colectadas. Dichos datos proveen información preliminar sobre el rol de la vegetación en el transporte de contaminantes, así como su posible uso en fitorremediación. Se cuantificaron hierro, cromo y zinc por su relativa facilidad para ser detectados mediante espectroscopía de absorción atómica (AA). Posteriormente se cuantificarán otros elementos mediante Espectroscopía por Plasma Inductivamente Acoplado, la cual presenta límites de detección más bajos y permite cuantificar varios elementos a la vez, a diferencia de AA.

Metodologia

Se realizó, en el verano del 2008, un muestreo aleatorio en cinco puntos ubicados en el área perimetral del vaso de la presa y que corresponden a las siguientes coordenadas (UTM): (a) Punto 1, X: 202720, Y: 2320606; (b) Punto 2, X: 202746, Y: 2320566; (c) Punto 3, X: 202603, Y: 2320761; (d) Punto 4, X: 202572, Y: 2318940; (e) Punto 5, X: 202599, Y: 2319005. El muestreo de sedimentos se llevó a cabo de acuerdo a la NOM- 021-RECNAT-2000 (DOF, 2002).

Para la colección e identificación de especies vegetales se utilizó la metodología de Díaz-Barriga y Palacios-Ríos (1992), Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2004), Rzedowski *et al.* (2005) y Terrones *et al.* (2004). La extracción de los metales de sedimentos y plantas se realizó mediante digestión ácida, siguiendo el método EPA 3051a (EPA, 2007).

De La Rosa Álvarez, M. G., G. Cruz Jiménez, E. Medina Fuentes, *et al*. 2012. "Concentración de metales en plantas y sedimentos de la Presa de Silva" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 363-367.

Resultados

Se identificaron seis especies de plantas (cuadro 1): *Physalis sulphurea, Sida abutifolia, Euphrosyne partheniifolia, Polygonum mexicanum, Trianthema portulacastrum* y *Echinochloa crus-galli. P. sulphurea* es considerada una maleza del maíz (Villaseñor y Espinosa, 1998); *S. abutifolia* es una maleza que puede encontrarse en yermos y a la orilla de caminos, se ha identificado también como una maleza del maíz y se ha reconocido su uso en medicina tradicional (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004); *E. partheniifolia* es una hierba acuática o semiacuática aromática que tolera ambientes salinos (Vibrans, 2010) y de la cual no se reportan usos específicos; en el caso del *P. mexicanum*, en algunos estados de la República se utiliza para tratar enfermedades de la piel en recién nacidos (UNAM, 2009); *T. portulacastrum* es una maleza del maíz, frijol, uva y algodón (Villaseñor y Espinoza, 1998) que se puede encontrar también en lotes baldíos y en suelos húmedos, salobres y arenosos (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004); en el caso de *E. crus-galli*, es una planta exótica originaria de Europa e India (Vibrans, 2010) que se puede encontrar como maleza del maíz, garbanzo, sorgo, alfalfa y avena, prefiere suelos húmedos o encharcados (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004).

En cuanto a la concentración de metales en los sedimentos (cuadro 2) se muestran los valores en mg de metal por kg de peso seco (mg/kg PS). Los resultados indicaron los siguientes niveles promedio: 16 845 mg/kg PS para hierro, 98 mg/kg PS para zinc y 27 mg/kg PS para el cromo. Estos valores se compararon con una norma extranjera, ya que en la Norma Oficial Mexicana no están establecidos. Se determinó que los niveles de hierro, zinc y cromo en los sedimentos se encuentran por debajo de lo normado en el estado de Florida, E.U.A. (DEP, 2005) que establece las siguientes concentraciones límites en suelos: 53 000 mg/kg para hierro, 210 mg/kg para cromo y 26 000 mg/kg para zinc. Aun cuando estos elementos son esenciales en la dieta del ser humano, la exposición a grandes

Cuadro 1. Especies encontradas en la Presa de Silva, Guanajuato, en el verano de 2008.

Familia	Nombre científico	Nombre común[a]	Estatus migratorio en México[a]
Solanaceae	*Physalis sulphurea*	tomatillo	nativa (Vibrans, 2009)
Malvaceae	*Sida abutifolia*	arrastradilla	nativa
Asteraceae	*Euphrosyne partheniifolia*	--	nativa
Polygonaceae	*Polygonum mexicanum*	Chilillo, moco de cócono	nativa
Aizoaceae	*Trianthema portulacastrum*	Verdolaga reventota, verdolaga de puerco, tianguis	nativa
Gramineae	*Echinochloa crus-galli*	Zacate tardo, pasto camalote, canalote	exótica

[a] Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004; Vibrans, 2010; UNAM, 2009.

Cuadro 2. Concentración de hierro, cromo y zinc en sedimentos de la Presa de Silva.

Sitio	[Fe] mg/Kg	[Cr] mg/Kg	[Zn] mg/Kg
1	162 533	22,7	81
2	194 625	53,7	109
3	145 662	17,6	113
4	160 145	20,4	92
5	179 278	20,7	91
Promedio	16 845	27	98
Desviación estándar	1 888	15	14

Cuadro 3. Concentración de hierro, cromo y zinc en tejidos de plantas aledañas a la Presa de Silva.

Punto	Especie	Tejido	[Fe]mg/Kg	[Cr]mg/Kg	[Zn]mg/Kg
1	*Sida abutifolia*	Raíz	2 094	17.0	70.0
		Tallo	1 226	9.0	40.0
		Hoja	1 933	5.0	40.0
	Promedio		1 751	10	50
	Desviación estándar		462	6	17
	Euphrosyne partheniifolia	Raíz	2 850	48	85
		Tallo	383	35	38
		Hoja	1 169	48	73
	Promedio		1 467	44	65
	Desviación estándar		1 260	8	24
	Polygonum mexicanum	Raíz	5 895	32	234
		Tallo	355	12	198
		Hoja	1 682	13	129
	Promedio		2 644	19	187
	Desviación estándar		2 893	11	53
2	*Euphrosyne partheniifolia*	Raíz	1 523	15	49
		Tallo	167	14	172
		Hoja	436	11	nda
	Promedio		709	13	111
	Desviación estándar		718	2	87
3	*Euphrosyne partheniifolia*	Raíz	8 537	51	60
		Tallo	372	87	88
		Hoja	935	52	74
	Promedio		3 281	63	74
	Desviación estándar		4 560	21	14
	Polygonum mexicanum	Raíz	3 761	13	42
		Tallo	931	12	53
		Hoja	1 098	7	52
	Promedio		1 930	11	49
	Desviación estándar		1 588	3	6
	Echinochloa crus-galli	Raíz	6 722	46	442
		Hoja	2 869	22	168
	Promedio		4 796	34	305
	Desviación estándar		2 724	17	194
	Physalis sulphurea	Raíz	2 033	6	21
		Tallo	236	nd	27
		Hoja	850	4	35
	Promedio		1 040	5	28
	Desviación estándar		913	1	7

Cuadro 3. Continuación.

Punto	Especie	Tejido	[Fe]mg/Kg	[Cr]mg/Kg	[Zn]mg/Kg
4	*Euphrosyne partheniifolia*	Raíz	3 200	43	59
		Tallo	690	27	38
		Hoja	1 077	42	72
	Promedio		1 656	37	56
	Desviación estándar		1 351	9	17
	Sida abutifolia	Raíz	3 326	34	259
		Tallo	2 528	11	27
		Hoja	1 560	9	27
	Promedio		2 471	18	104
	Desviación estándar		884	14	134
5	*Euphrosyne partheniifolia*	Raíz	3 228	42	51
		Tallo	418	27	45
		Hoja	1 153	53	58
	Promedio		1 600	41	51
	Desviación estándar		1 457	13	7
	Sida abutifolia	Raíz	1 277	18	97
		Tallo	1 390	36	66
		Hoja	2 228	7	33
	Promedio		1 632	20	65
	Desviación estándar		520	15	32
	Physalis sulphurea	Raíz	1 514	77	nda
		Tallo	169	55	51
		Hoja	589	66	nda
	Promedio		757	66	51
	Desviación estándar		688	11	--

cantidades puede ser peligrosa y causar trastornos de salud (ATSDR, 2010).

Las especies que mostraron las mayores concentraciones de cromo fueron la *E. partheniifolia* (63 mg/kg) y *P. sulfurea* (66 mg/kg) (cuadro 3), mientras que los niveles más altos de zinc y hierro se encontraron en *E. crus-galli* (305 mg Zn/kg y 4796 mg Fe/kg). De forma general, altas concentraciones de metales son potencialmente tóxicas para el desarrollo de las plantas. Se reportan concentraciones en raíz, tallo y hoja, ya que este dato proporciona una idea de la capacidad de las plantas para traslocar los contaminantes, esto es, para transportarlos de la raíz al tallo y a la hoja, propiedad que se puede aprovechar para la fitorremediación (cuadro 3).

Conclusiones

Las concentraciones que se encontraron en sedimentos para los metales en estudio no rebasaron los límites propuestos por el estado de Florida, EUA. Por otro lado, comparando los datos con lo reportado por Rosiles-Martínez (1998) con respecto al cromo es evidente la reducción en la concentración de este elemento en los sedimentos de la Presa de Silva. No existen datos previos sobre cuantificación elemental en plantas del sitio, sin embargo, los datos mostrados en el presente estudio servirán como referencia para futuras investigaciones. De acuerdo a los datos obtenidos, la mayoría de las plantas concentraron el hierro, cromo y zinc en la raíz, por lo tanto, en sitios contaminados con estos elementos, es posible que estas especies vegetales se puedan aplicar como fitoestabilizadoras de dichos metales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Conacyt (CB-61649) y Concyteg (08-16-k662-127).

Literatura citada

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2010. Hojas de seguridad de la Agencia para las substancias tóxicas y registro de enfermedades en *http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=61&tid=17.*

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. "Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XX.

———, J. Rzedowski *et al.* 2005. *Flora fanerogámica de valle de México*, 2ª ed. Michoacán, México, Instituto de Ecología A.C. (Inecol)/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

CCA (Comisión para Cooperación Ambiental). 1999. Presa de Silva: ejemplo de cooperación ambiental regional en América del Norte. Reporte, en *http://www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm?varlan=english&ID=282*, última consulta.

CCWHC (Canadian Cooperative Wildlife Health Centre). 1995. "Waterfowl Die-off in Mexico", *News & Publications*, 3-3.

CEC (Commission for Environmental Cooperation). 1995. *The death of migratory birds at the Silva Reservoir (1994-1995)*. Report of the Secretariat of the Commission for Environmental Cooperation.

Díaz-Barriga, H. y M. Palacios-Ríos. 1992. "Lista preliminar de especies de pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro (México)", *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*, fascículo complementario III.

EPA (Environmental Protection Agency). 2007. Method 3051a. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. US.

DEP (Department of Environmental Protection). 2005. *http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/rules/default.htm.*

DOF (*Diario Oficial de la Federación*). 2002. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis, NOM- 021-RECNAT-2000. 31 de diciembre.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 1998. *Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Restauración Ecológica Presa de Silva*. 20 de noviembre, Gobierno del Estado de Guanajuato.

Rosiles-Martínez, R. 1998. "Contenido de elementos minerales en algunos vasos acuícolas del centro de México", *Veterinaria México*, **29**: 251-255.

Terrones R.T. del R., C. González Sánchez y S.A. Ríos-Ruíz. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato*. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Libro Técnico núm. 2.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2009. *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana*. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, en *http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=722*, última consulta en 2009.

Vargas-Márquez, F., S. Escobar Maravillas, R. de la Maza Elvira *et al.* 2002. *Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales*, vol. 1. México, Semarnat/INE/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Vibrans, H. 2010. Malezas de México, en *http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm*, última consulta octubre del 2010.

Villaseñor, J.L. y F.J. Espinosa. 1998. *Catálogo de malezas de México*. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario/Fondo de Cultura Económica (FCE).

LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL Y SUS REPERCUSIONES EN LA MICROBIOLOGÍA DEL SUELO DEL BOSQUE DE SANTA ROSA

Víctor Olalde Portugal | Blanca Estela Gómez Luna | María Azucena Márquez Lucio
Gerardo Vázquez Marrufo

Introducción

Las diversas actividades socioeconómicas practicadas por el hombre han provocado alteraciones en los bosques templados de todo el mundo (Reich y Frelich, 2002). Entre las principales modificaciones antropogénicas de los bosques pueden mencionarse la tala excesiva, los incendios intencionales que forman parte de algunas prácticas de manejo, el cambio en el uso de suelo con la finalidad de incrementar las áreas de ganadería y cultivo, así como el crecimiento de las áreas urbanas. Estas y otras formas de perturbación de los ecosistemas forestales ocasionan modificaciones sobre diferentes procesos biológicos del suelo, como son la disponibilidad de nutrimentos, la descomposición y formación de la materia orgánica, y cambios en la estructura de la comunidad microbiana (Vitousek *et al*., 1997).

El suelo es un componente heterogéneo de los ecosistemas forestales, el cual desempeña funciones ecológicas vitales que incluyen su papel como hábitat para mantener la actividad, la productividad y la diversidad biológica; ser filtro, regulador y sitio de almacenaje y de transformación de sustancias químicas esenciales y no esenciales para la vida, y como productor de biomasa y soporte del ciclo de los nutrientes y otros elementos (Karlen *et al*., 1997). En particular, los microorganismos del suelo están relacionados con el ciclo de nutrientes del nitrógeno (N), fósforo (P) y carbono (C), así como con la movilización de micronutrientes inorgánicos, con la estructura del suelo y con la retención y movilización del agua (Nielsen y Winding, 2002; Van der Heijden *et al*., 2008). Uno de los usos forestales que origina drásticas modificaciones en las condiciones del suelo es la tala para la extracción de madera (Noble y Dirzo, 1997) y, en el caso de los bosques en México, la manufactura de carbón (Vázquez-Marrufo, 2003; Vázquez-Marrufo *et al*., 2003), utilizado como fuente de energía en los países en vías de desarrollo, y fuente de contaminación atmosférica (Ludwig *et al*., 2003). Debido a que dichos factores de impacto tienen relación con actividades socioeconómicas de las que dependen las comunidades locales, la problemática de la perturbación de los suelos forestales puede ser percibida desde el punto de vista ecológico, económico y social; dicha percepción integral posibilita la implementación de prácticas de uso forestal que mantengan al ecosistema sustentable y que futuras generaciones puedan hacer uso de los recursos naturales (Antinori y Bray, 2005; Bray *et al*., 2006).

Por todo lo anterior, nuestro grupo de trabajo ha realizado una serie de estudios para conocer los cambios en las características fisicoquímicas y la comunidad microbiana del suelo asociados a la producción de carbón vegetal por métodos tradicionales en el bosque de Santa Rosa, localizado en la región central del estado de Guanajuato. En este apartado se presenta un panorama general de los resultados obtenidos a la fecha y algunas implicaciones y perspectivas de estudio derivadas de nuestro trabajo en el área forestal antes mencionada.

Generalidades del bosque de encino de Santa Rosa

El bosque de Santa Rosa está ubicado en el municipio de Guanajuato al noreste de la cuidad capital, entre los 100°53′ - 101°25′ de longitud O,

Olalde Portugal, V., B. E. Gómez Luna, M.A. Márquez Lucio, *et al.* 2012. “La producción de carbón vegetal y sus repercusiones en la microbiología del suelo del bosque de Santa Rosa” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 368-372.

y los 20°45′ - 21°25′ de latitud N (Martínez-Cruz y Téllez Valdéz, 2004). Con una extensión aproximada de 1 486 km^2, este bosque forma parte de la Sierra de Guanajuato, dentro de la provincia fisiográfica denominada Mesa del Centro (Inegi/GEG, 1998). La Sierra de Santa Rosa está considerada dentro de la subprovincia de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, en la región fisiográfica de la Mesa Central, que presenta montañas fuertemente disectadas, barrancas y cañadas, con altitudes que oscilan entre 1 800 y 2 700 msnm. Su clima es el de mayor humedad de los templados subhúmedos, con alrededor de 800 mm de precipitación promedio anual (Martínez-Cruz y Téllez-Valdéz, 2004).

El bosque está constituido principalmente por diferentes especies de encino (*Quercus* spp.), entre las que destaca *Q. rugosa*. Otras especies arbóreas presentes son el madroño *Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa*, mientras que la principal especie en el sustrato arbustivo es la pingüica, *Arctostaphyllos pungens* (CONABIO, 2010). En cuanto a la fauna de este bosque, aún habita el venado cola blanca *Odocoileus virginianus*; se han observado más de 100 especies de aves, entre residentes y migratorias, y se ha documentado la presencia de más de 100 especies de hongos basidiomicetes (Vázquez-Marrufo, 2003, datos no publicados). Por todo lo anterior, el bosque de Santa Rosa constituye una de las 155 regiones establecidas por la CONABIO como áreas prioritarias para la conservación dentro del territorio nacional.

Producción de carbón vegetal

Una de las principales actividades socioeconómicas que ha alterado la estructura del bosque de Santa Rosa de manera significativa la constituye el aprovechamiento de distintas especies arbóreas del género *Quercus* para la extracción y venta de madera como leña, o para su procesamiento en la producción de carbón. Tanto la leña como el carbón obtenido son utilizados como combustibles en distintas actividades caseras y artesanales. El carbón es resultado de la pirólisis de la madera, esto es, la descomposición de la materia orgánica por calentamiento, en una atmósfera con baja proporción de oxígeno. Al sitio en el cual se obtiene carbón de manera tradicional se le ha denominado “carbonera” (Vázquez-Marrufo, 2003).

Las carboneras se preparan eliminando toda la vegetación dentro de un área más o menos circular (7-10 m diámetro). Una vez que se elimina la cubierta vegetal se remueve la hojarasca y toda la capa orgánica del suelo y se construye un horno rústico apilando los segmentos de los árboles talados en los alrededores del área (figura 1*a*), encima de la pila de troncos se coloca una capa de hojarasca y las ramas generadas del proceso de corte de árboles. A esta pila se le prende fuego y finalmente se cubre con una capa de suelo, procurando dejar huecos que permitan la entrada limitada de aire (figura 1*b*). De esta forma se genera en el horno una combustión sofocada con mínima producción de flama, la cual dura de 12 a 14 días. Al término del proceso el carbón es colocado en costales para su comercialización (figura 1c) y las carboneras son abandonadas sin modificaciones posteriores (figura 1*d*). En las carboneras abandonadas después de su uso se presentan condiciones microclimáticas diferentes al resto del bosque, ya que la eliminación del dosel, de la cubierta vegetal y de la capa de suelo orgánico ocasionan que éstas estén expuestas a una mayor radiación solar durante el día, lo que incrementa la temperatura a nivel del suelo (Vázquez-Marrufo, 2003). Además, estos sitios quedan más expuestos a las corrientes de agua y viento, lo que contribuye a incrementar los procesos de erosión del suelo (Vázquez-Marrufo, 2003).

Modificaciones fisicoquímicas del suelo y cambios en la diversidad microbiana

Al realizar simples comparaciones de color entre el suelo mineral de una carbonera y el suelo de áreas adyacentes de bosque, en el primero los efectos de la temperatura alcanzada durante la generación de carbón ocasionan carbonización de la materia orgánica presente en los primeros 20 cm. Aunque a la fecha no se ha medido directamente la temperatura alcanzada dentro del horno durante la elaboración de carbón, es posible asumir conservadoramente que la temperatura mínima en la capa superior del suelo de las carboneras debe estar entre los 200 °C y 300 °C (Franklin *et al*., 1997) mientras están en uso, ya



a)



b)



c)



d)

Figura 1. Proceso de producción de carbón vegetal en el bosque de Santa Rosa: *a*) selección y tala de árboles para la producción de carbón; *b*) aspecto del horno de carbonera; *c*) carbón en costales listo para su comercialización; *d*) aspecto del sitio de la carbonera después de su uso (fotografías de G. Vázquez-Marrufo y B.E. Gómez-Luna).

que arriba de los 200 °C la materia orgánica empieza a carbonizarse y entre los 260 °C a 425 °C entra en ignición (DeBano, 1979). En los trabajos en los que se evaluaron los cambios del suelo asociados a la actividad de las carboneras se ha encontrado un aumento tanto en el pH como en el contenido de cationes formadores de bases Ca^{2+} y K^{+} en las cenizas remanentes. Asimismo, se ha documentado una disminución de la materia orgánica y del fósforo inorgánico (Vázquez-Marrufo *et al*., 2003; Gómez-Luna *et al*., 2009).

La comunidad microbiana del suelo forestal desempeña un papel importante en el funcionamiento del bosque debido a la gran diversidad de reacciones químicas que son catalizadas por los microorganismos y su papel en los ciclos biogeoquímicos del C, N y P (Van der Heijden *et al*., 2008). En ese sentido, resulta interesante comparar los cambios en la estructura y la actividad de la comunidad microbiana presente en el suelo de las carboneras en contraste con el suelo del bosque adyacente a una carbonera. Así, estudios realizados por nuestro grupo de trabajo muestran que en los sitios de las carboneras se presenta una pérdida de poblaciones microbianas involucradas en el ciclo de nitrógeno en suelo, disminuyendo hasta 16 veces en comparación con las zonas de bosque conservado (Gómez-Luna *et al*., 2009). En el análisis de ecología molecular mediante ensayos de PCR de genes bacterianos relacionados con la amonio-oxidasa (*amoA*), con la fijación de N (*nifH*) y con la

desnitrificación (*nirK*), extraídos del suelo, el índice de Shannon de la carbonera resultó ser más bajo que el calculado para el suelo de bosque no perturbado, lo que indica claramente una disminución en la diversidad genética bacteriana para dichas funciones ecológicas (Gómez-Luna, 2008). En cuanto a la actividad metabólica de la comunidad microbiana en términos de su capacidad para emplear diversas fuentes de carbono, así como algunas actividades enzimáticas, los estudios mostraron una disminución significativa de ambos parámetros en el suelo de la carbonera (Gómez-Luna, 2008). Estos resultados indican una pérdida de la actividad y función del ciclo del N en el suelo de la carbonera, perturbación que podría afectar de manera irreversible la productividad del ecosistema forestal, debido a la relación entre la diversidad estructural y funcional de los microorganismos del suelo y el funcionamiento del ecosistema (Zak *et al*., 2003).

Implicaciones sociales

Las comunidades rurales que habitan las zonas naturales del país son en muchos casos la población económicamente más desprotegida, que dependen en gran medida de los recursos naturales para sobrevivir. La producción de carbón vegetal es una actividad económica de subsistencia, ya que el uso del carbón es común como combustible para la preparación de alimentos y como calefacción en la época de frío. Por otra parte, es evidente que la comercialización de leña y carbón no mejora significativamente la situación socioeconómica de las comunidades del bosque de Santa Rosa. En el país existen pocos estudios que proporcionen información sobre las cantidades de producción de carbón por técnicas tradicionales y menos aún mediciones cuantitativas del costo ecológico *versus* beneficio económico para las familias que dependen de esta actividad (Masera *et al*., 2005; Troncoso *et al*., 2007). Para abordar esta problemática es necesario, además de evaluar el daño ecológico, implementar actividades alternas de aprovechamiento forestal que sean económicamente redituables. Actualmente se han observado avances en este sentido, como es el caso del estado de Durango en donde se han implementado zonas de bosque certificadas para uso sustentable y sitios específicos para la producción de carbón en hornos de ladrillo fuera de la zona de bosque, proporcionando una fuente de trabajo (García-Molina, 2008).

En la producción y venta del carbón vegetal participan prácticamente todos los integrantes de una familia, incluyendo a los niños que llevan a lomo de burro los costales llenos de leña, carbón y suelo con hojarasca para macetas, para vender en los municipios vecinos de Guanajuato y Dolores Hidalgo.

Perspectivas

Nuestros estudios permiten tener un panorama general del grado de impacto que la actividad de las carboneras ocasiona en las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo del bosque de Santa Rosa, datos que pueden ser utilizados para proponer un sistema de recuperación de suelo. No obstante, es necesario seguir realizando estudios que permitan proporcionar información para establecer propuestas de aprovechamiento integral del bosque. En ese sentido, es necesario establecer parámetros para regular la intensidad de extracción de leña y carbón por el sistema tradicional aquí descrito, de tal forma que se permita la regeneración natural del bosque. Por otra parte, es indispensable diversificar de manera planificada las actividades socioeconómicas como la producción de conservas, bebidas fermentadas y el ecoturismo, que son actividades que ya se practican en el bosque de Santa Rosa, pero que no han sido todavía implementadas de manera que impacten de manera positiva la condición socioeconómica de las comunidades locales. En un contexto más biogeoquímico es importante conocer la capacidad del bosque como sumidero de carbono y las alteraciones en ese sentido originadas por la extracción de leña y carbón, realzando de esta forma la importancia de este bosque ante el cambio climático a nivel regional y nacional. Este último aspecto se ha consolidado como una función importante de evaluar en los bosques alrededor del mundo, debido a su papel para moderar el cambio climático global (Jandl *et al*., 2007; Opdam y Wascher, 2004).

Literatura citada

Antinori, C. y D.B Bray. 2005. "Community forest enterprises as entrepreneurial firms: economic and institutional perspectives from Mexico", *World Development* **33**: 1529-1543.

Bray, D.B., C. Antinori y J.M Torres-Rojo. 2006. "The Mexican model of community forest management: The role of agrarian policy, forest policy and entrepreneurial organization", *Forest Policy and Economics* **8**: 470-484.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodversidad). 2010. Clave de la AICA C-32, en *http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/C-32.html*.

DeBano, L.F. 1979. "Effects of fire on soil properties", en R.J. Laacke (ed.), *California forest soils. A guide for professional foresters and resource managers and planners*. Berkeley, University of California/ Agricultural Science Publications, pp. 109-118.

Franklin, S.B., P.A. Robertson y J.S. Fralish. 1997. "Small-scale fire temperature patterns in upland *Quercus* communities", *Journal of Applied Ecology* **34**: 613-630.

García-Molina, J.G. 2008. Carbón de encino: fuente de calor y energía, *Biodiversitas* **77**: 7-9.

Gómez-Luna, B.E. 2008. *Cambios en la dinámica del carbón del nitrógeno de la comunidad microbiana del suelo asociados a la producción de carbón en el bosque de Santa Rosa, Gto.*, tesis de doctorado. Irapuato, México, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN).

———, Ma. C. Rivera-Mosqueda, L. Dendooven *et al.* 2009. "Charcoal production at kiln sites affects C and N dynamics and associated soil microorganisms in *Quercus* spp. temperate forests of central Mexico", *Applied Soil Ecology* **41**: 50-58.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática)/ GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 1998. *Anuario Estadístico del Estado*. México.

Jandl, R., M. Lindner, L. Vesterdal *et al.* 2007. "How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?", *Geoderma* **137**: 253-268.

Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran *et al.* 1997. "Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation". *Soil Science Society of American Journal* **61**: 4-10.

Ludwig, J., L.T. Marufu, B. Huber *et al.* 2003. "Domestic combustion of biomass fuels in developing countries: a major source of atmospheric pollutants", *Journal of Atmospheric Chemistry* **44**: 23-37.

Martínez-Cruz, J. y O. Téllez-Valdés. 2004. "Listado Florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 31-49.

Masera, O.R., R. Díaz-Jiménez y V. Berrueta. 2005. "From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in Mexico", *Energy for Sustainable Development* **9**: 25-36.

Nielsen, M.N. y A. Winding. 2002. Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute, Denmark. Technical Report núm. 388.

Noble, I.R. y R. Dirzo. 1997. "Forests as human-dominated ecosystems", *Science* **277**: 522-525.

Opdam, P. y D. Wascher. 2004. "Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation", *Biological Conservation* **117**: 285-297.

Reich, P.B. y L. Frelich. 2002. "Temperate deciduous forests", en H.A. Mooney y J.G. Canadell (eds.), *The Earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change*, vol. 2. Chichester, UK, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 565-569.

Troncoso, K., A. Castillo, O. Masera *et al.* 2007. "Social perceptions about a technological innovation for fuelwood cooking: case study in rural Mexico", *Energy Policy* **35**: 2799-2810.

Van der Heijden, M.G.A., R.D. Bardgett y N.M. van Straalen. 2008. "The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems", *Ecology Letters* **11**: 296-310.

Vázquez-Marrufo, G. 2003. *Modificaciones estructurales y funcionales asociadas al uso forestal en el bosque de Santa Rosa, Gto.*, tesis de doctorado. Irapuato. México. Cinvestav-IPN.

———, R. Serrato-Flores, J.T. Frías-Hernández *et al.* 2003. "Microsite soil changes associated with traditional charcoal production in *Quercus* temperate forest in central Mexico", *Phyton* s/n: 85-99.

Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco *et al.* 1997. "Human domination of Earth's ecosystems", *Science* **277**: 494-499.

Zak, D.R., W.E. Holmes, D.C. White *et al.* 2003. "Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links?" *Ecology* **84**: 2042-2050.

MICROORGANISMOS PRESENTES EN AGUA Y SUELOS AFECTADOS POR CONTAMINANTES PROVENIENTES DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES EN GUANAJUATO

David Alfonso Camarena-Pozos | Juan Ramiro Pacheco-Aguilar | Amparo Mauricio-Gutiérrez
María Maldonado-Vega | Juan José Peña-Cabriales

Introducción

El crecimiento de la sociedad y el desarrollo industrial en el estado de Guanajuato han traído como consecuencia la liberación de contaminantes al ambiente a niveles críticos, abarcando grandes extensiones de suelo y contaminando importantes cuerpos de agua de la región. Entre los contaminantes más representativos, los metales pesados constituyen una problemática que puede derivar en diversos efectos, no sólo sobre el medio ambiente sino también en la salud humana, dependiendo del elemento particular. El tratamiento de los residuos con metales se realiza fundamentalmente por procesos físico-químicos pero son complicados, de altos costos y de baja eficacia.

En los últimos años, el desarrollo de biotecnologías para el control y remoción de la contaminación por metales pesados ha tomado mucha importancia y gradualmente ha llegado a ser un tema principal en el campo del control de la polución. La base radica en el potencial de diversos microorganismos, involucrados en gran medida en la biogeoquímica de los metales mediante una variedad de procesos determinando su movilidad. Es por ello que resulta de gran importancia el estudio de microorganismos autóctonos adaptados a los ambientes perturbados, de modo que puedan ser utilizados para el desarrollo de estrategias de biorremediación.

Situación actual en Guanajuato

La creciente actividad industrial en el estado ha generado grandes cantidades de efluentes (350 000 m^3d-1) que son descargados sin previo tratamiento, provocando un deterioro progresivo de los acuíferos de la región (Esteller, 2002). El acuífero más afectado es la cuenca del río Turbio que abarca una extensión de 3 366 km^2, atraviesa la ciudad de León y forma parte de las aguas que desembocan en el río Lerma-Chapala. Se ha encontrado que estas aguas contienen altas concentraciones de metales pesados (3.42 mg l^{-1} Se, 1.90 mg l^{-1} Cr, 3.97 mg l^{-1} Pb, etc.), sales, sulfuros y materia orgánica (1 920 mg l^{-1} DBO), que representan un alto potencial de contaminación de los mantos acuíferos. Se calcula el uso de 90 Mm^3 año^{-1} de estas aguas en 140 ha con gran riesgo para la salud humana y el deterioro del suelo de la zona (Foster y Chilton, 2004).

Otra de las actividades primordiales en el estado es la minería, la cual ha sido de gran importancia a nivel económico, sin embargo, la extracción de metales ha traído como consecuencia la liberación de grandes cantidades de residuos, denominados jales, depositados en presas artificiales. El municipio de Guanajuato cuenta con 31 de estos depósitos, que representan 40.3 millones de toneladas de desechos (Ramos-Arroyo y Siebe, 2006). Entre los metales que pueden encontrarse destacan el arsénico (As) 8.68 mg l^{-1}, cromo (Cr) 11.79 mg l^{-1}, cobre (Cu) 5.99 mg l^{-1}, plomo (Pb) 5.36 mg l^{-1}, cadmio (Cd) 0.74 mg l^{-1}, mercurio (Hg) 0.06 mg l^{-1}, entre otros, de los que se tiene conocimiento en los efectos tóxicos que pueden causar en la salud de los seres humanos.

Casos de estudio

Estudios realizados en el Cinvestav Irapuato han evaluado el crecimiento y adaptación de bacterias con posibilidades de actuar como modificadores de los contaminantes presentes en el agua y suelo perturbados por residuos industriales en el estado, específicamente de la industria curtidora y la industria minera (Pacheco-Aguilar, 2008; Mauricio-Gutiérrez, 2009; Camarena-Pozos, 2009), con el fin de reducir la toxicidad o concentración de los mismos.

Camarena Pozos D. A., J.R. Pacheco Aguilar, A. Mauricio Gutiérrez, *et al.* 2012. "Microorganismos presentes en agua y suelos afectados por contaminantes provenientes de actividades industriales en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 373-376.

El primer estudio (Pacheco-Aguilar, 2008), se enfocó en un sistema de humedales artificiales construido en una de las tenerías ubicadas en la carretera León-San Francisco del Rincón. Estos sistemas se basan en las observaciones de los humedales naturales, constituidos por lagunas o canales poco profundos, cuyos componentes son: el suelo, las plantas, el efluente y las comunidades bacterianas. Las interacciones entre sus componentes son esenciales para el apropiado funcionamiento del humedal en la mejora de la calidad del agua.

En este humedal se utilizaron plantas del género *Scirpus americanus* (junco) y *Typha* spp. (tule). Ambas plantas fueron utilizadas por su capacidad para acumular metales (Suseela *et al.*, 2002). *S. americanus* (figura 1) es una especie nativa y fue obtenida de un humedal natural ubicado en la presa de San Germán que recibe las descargas de aguas residuales de las tenerías aledañas.

El humedal construido presentó altas tasas de remoción de diferentes parámetros (cuadro 1) para el tratamiento de efluentes generados durante el proceso de curtido. Se obtuvieron valores permitidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ser descargados a cuerpos de agua, evitando así algún impacto al medio ambiente.

Debido a las características de alta carga de sulfuros y sulfatos en el agua residual se encontró una prevalencia de microorganismos que utilizan como fuente de energía los compuestos de azufre (S), además de establecer una relación estrecha con las raíces de estas plantas. La caracterización de estos aislados indicó que se trata de microorganismos de diversos géneros como: *Pseudomonas, Alcaligenes, Ochrobactrum*



Figura 1. *Scirpus americanus* (junco) encontrada en humedales naturales.Autor: CIATEC A.C., 2008.

Cuadro 1. Calidad del agua residual tratada en un humedal artificial.

Parámetro	Entrada	Salida	Eficiencia de remoción (%)
pH	6.7	7.7	-
Conductividad dS cm^{-1}	6 735	2 240	66.7
DQO mg l^{-1}	15 555	177	98.8
DBO mg l^{-1}	870	39	95.5
Crtotal mg l^{-1}	22.6	0.07	99.7
N Total (Kjeldahl)	117.2	9.6	91.8
Sulfuro mg l^{-1}	54.3	0.03	99.9
Sulfato mg l^{-1}	1 597	189	88.1

Fuente: Pacheco-Aguilar, 2008.

y *Acinetobacter.* Algunos de ellos han sido reportados como parte de comunidades microbianas de la rizósfera, participando activamente en los ciclos del nitrógeno (N) y azufre (S).

El segundo trabajo (Mauricio-Gutiérrez, 2009) tuvo como objetivo analizar la participación de poblaciones bacterianas rizosféricas de *S. americanus* en la reducción de Cr (VI) a Cr (III). Se sabe que el Cr (VI) es tóxico para las plantas, animales y el hombre, mientras que el Cr (III) es relativamente menos tóxico. La toxicidad del Cr (VI) se debe a su fácil permeabilidad por las membranas biológicas, y su reducción es una reacción catalizada enzimáticamente que se ha estudiado en diversas bacterias (Cheung *et al.*, 2006).

En este trabajo, las plantas de *S. americanus* fueron recolectadas en el humedal natural de la presa de San Germán. Se sabe que por años se han descargado aguas industriales de curtiduría en esta presa, por lo que actualmente, y aunado a la eutrofización, representa un sistema donde se han desarrollado y prevalecido plantas acuáticas hiperacumuladoras de metales.

Se observó que esta especie es capaz de concentrar diversos metales en la raíz Cr (9 700 mg kg^{-1}), As (50 mg kg^{-1}), Cd (41 mg kg^{-1}) y Se (85 mg kg^{-1}). El estudio microbiológico determinó que el tamaño de la población rizosférica tolerante a Cr (VI) (108 ufc g^{-1} de suelo seco) fue 14.3 veces mayor que la población alejada de la raíz, posiblemente debido a las condiciones específicas de la

rizósfera. Se obtuvieron 13 aislados que correspondían a los géneros: *Agrobacterium, Arthrobacter, Microbacterium, Curtobacterium, Rhodococcus, Xanthomonas* y *Pseudomonas*. Algunas de las características de estos aislados se presentan en el cuadro 2. Los aislados redujeron de 5 a 40% el Cr (VI) y toleraron concentraciones de 0.5-5.0 mM Cr (VI). Se observó también que la asociación entre algunos de estos géneros, representaba una acción sinérgica reduciendo en un mayor porcentaje el Cr (VI) (hasta 93.8%).

El tercer trabajo (Camarena-Pozos, 2009) consistió en el estudio de microorganismos presentes en suelos asociados a la actividad minera, los cuales se encuentran en contacto con una gran cantidad de metales. Dentro de las zonas de estudio se consideraron los jales mineros debido a que representan una superficie de 81.9 ha en el municipio de Guanajuato (figura 2). El estudio se enfocó principalmente en el mercurio (Hg), ya que es considerado uno de los metales pesados de gran importancia no sólo por el uso industrial que tiene, sino porque su concentración ha aumentado considerablemente en el medio ambiente desde el inicio de la era industrial (Schuster *et al*., 2002). La toxicidad del Hg varía según la especie química en la que esté presente (Hg^0–baja, Hg^{+2}–moderada, CH_3Hg–alta) y radica en su bioacumulación y a la inhibición de grupos sulfihidrilo –SH– presentes en la mayoría de los procesos enzimáticos y en proteínas, ocasionando necrosis y muerte celular. Las transformaciones bióticas de este elemento se deben a la presencia de microorganismos con capacidad de transformar las especies de este metal, como un mecanismo de detoxificación.

Cuadro 2. Principales características de bacterias aisladas de la rizósfera de *Scirpus americanus*.

Aislado	Características
Arthrobacter S11	Alta tolerancia a Cr(VI) y a diferentes valores de pH y NaCl. Reduce Fe^{+3}.
Arthrobacter S14	Alta tolerancia a Cr(VI), reduce Cr (VI) aerobia y anaeróbicamente. Reduce Fe^{+3} y NO^{-3}.
Agrobacterium S17	Medianamente tolerante a Cr (VI), reduce Cr (VI) aerobia y anaeróbicamente y a diferentes valores de pH y NaCl. Reduce Fe^{+3} y NO^{-3}.
Pseudomonas synxantha S26	Tolerante a Cr (VI), reduce Cr (VI) aerobia y anaeróbicamente y a diferentes valores de pH y NaCl. Reduce Fe^{+3}.
Pseudomonas sp. S27	Tolerante a Cr (VI), reduce Cr (VI) aerobia y anaeróbicamente y a diferentes valores de pH y NaCl. Reduce Fe^{+3} y NO^{-3}.
Pseudomonas sp. S28	Tolerante a Cr (VI), reduce Cr (VI) aerobia y anaeróbicamente y a diferentes valores de pH y NaCl. Reduce Fe^{+3} y desnitrifica.

Fuente: Mauricio-Gutiérrez, 2009.

En este estudio se analizaron 18 muestras de suelo asociados a la actividad minera, de las cuales se obtuvieron 57 aislados bacterianos resistentes a Hg^{+2}. Se observó que el mecanismo de reducción de Hg^{+2} a Hg^0 (volátil) está ampliamente distribuido en estas zonas, debido a que la mayoría de los aislados mostraron la capacidad de reducir Hg^{+2} mediante ensayos de volatilización. La identificación molecular mostró que los aislados con capacidad de reducir Hg^{+2} obtenidos poseen una alta similitud con el género *Pseudomonas, Acinetobacter, Bacillus, Shewanella, Staphylococcus* y *Stenotrophomonas*.

La inoculación de tres de los aislados (*Pseudomonas putida* J3, *Pseudomonas aeruginosa* Q15, *Acinetobacter junii* QG), en muestras de suelo na-



Figura 2. Jales mineros de la mina Bolañitos. Autor: CIATEC A.C., 2006.

turalmente contaminadas con Hg, mostraron un efecto positivo en el porcentaje de volatilización de Hg^{+2} (hasta 40% más en suelo esterilizado y 30% en suelo sin esterilizar), representando con esto una estrategia inicial para la eliminación de este metal en sitios contaminados.

Conclusión

Los resultados obtenidos en estos trabajos reflejan la diversidad de microorganismos que forman parte de sitios contaminados con metales pesados. La comprensión de los fenómenos involucrados en esos sitios y el papel que los microorganismos desempeñan en ellos es esencial para establecer estrategias de biorremediación.

La importancia del estudio de las especies autóctonas radica en que representan generalmente características adaptativas que los hacen fisiológicamente compatibles con su ambiente físico y químico y por lo tanto permiten su supervivencia.

Literatura citada

Camarena-Pozos, D.A. 2009. *Reducción microbiológica de Hg^{+2} en suelos asociados a la actividad minera*, tesis de maestría. Irapuato, Guanajuato, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN).

CIATEC A.C. (Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas) 2006. Muestreo de jal minero ubicado en la zona norponiente del municipio de Guanajuato, Gto.

———, 2008. Humedal piloto para el tratamiento de agua de tenería, ubicado en el municipio de León, Guanajuato. Sistema de biorremediación: Scirpus americanus (junco).

Cheung K.H., H.Y. Lai y J.D. Gu. 2006. "Membrane-associated hexavalent chromium reductase of *Bacillus megaterium* TKW3 with induced expression", *Journal of Microbiology and Biotechnology* **16**: 855-862.

Esteller, M.V. 2002. "Vulnerabilidad de acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos de agricultura", *Revista Latino-Americana de Hidrogeología* **2**: 103-113.

Foster, S.S.D. y P.J. Chilton. 2004. "Downstream of downtown: urban wastewater as groundwater recharge", *Hidrology Journal* **12**: 115-120.

Mauricio-Gutiérrez, A. 2009. *Bacterias de la rizósfera de plantas presentes en una zona contaminada por la industria curtidora en León, Guanajuato*, tesis de doctorado. Irapuato, Guanajuato. México. Cinvestav-IPN.

Pacheco-Aguilar, J.R. 2008. *Bacterias del ciclo del azufre de un humedal construido para el tratamiento de efluentes de la industria de la curtiduría*, tesis de doctorado. Irapuato, Guanajuato, México, Cinvestav-IPN.

Ramos-Arroyo, Y.R. y C.D.G. Siebe. 2006. "Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito minero de Guanajuato, México. Universidad Autónoma de Guanajuato", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* **23**: 54-74.

Schuster, P.F., D.P. Krabbenhoft, D.L. Naftz *et al*. 2002. "Atmospheric mercury deposition during the last 270 years: a glacial ice core record of natural and anthropogenic source", *Environ. Sci. Technol.* **36**: 2303-2310.

Suseela, M.R., S. Sinha, S. Singh *et al*. 2002. "Accumulation of chromium and scanning electron microscopic studies in *Scirpus lacustris* L. treated with metal and tannery effluent", *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology* **68**: 540-548.

PARÁSITOS DE PECES COMO ESPECIES INVASORAS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA

Raúl Pineda López

Introducción

La subcuenca alta del río Laja, también conocida como Ignacio Allende, pertenece a la cuenca Lerma-Chapala y está ubicada principalmente en el estado de Guanajuato, con una superficie de 6 914.29 km^2 (Cotler *et al.*, 2006). Por su tamaño, la cuenca incorpora varias áreas climáticas y diversos tipos de vegetación. Su principal afluente, el río Laja, ha sufrido cambios a lo largo de su recorrido en la estructura del cauce y en las comunidades de bosque de galería, asociados a la explotación de materiales pétreos. En este río los peces mantienen una comunidad importante para el ecosistema acuático (véase Díaz-Pardo en este volumen). Sin embargo, la presencia de algunas especies introducidas, entre las que sobresalen las tilapias (introducidas desde Florida y provenientes de África) y la carpas (introducidas desde Asia), están modificando sustancialmente el entorno ya que fueron traídas con sus parásitos, como se muestra en el cuadro 1 (Pineda-López *et al.*, 2009).

Para conocer el estado de las comunidades de peces y sus parásitos asociados se han llevado a cabo recolecciones en tres localidades del río Laja: Los Galvanes y La Quemada, sitios ubicados sobre el cauce principal, y el Xote, arroyo afluente de tipo cálido pues recibe los aportes de abundantes manantiales termales (Pineda-López *et al.* 2000).

La composición de las comunidades parasitarias de los peces nativos e introducidos (cuadro 1) está compuesta por cinco especies invasoras: *Centrocestus formosanus, Bothriocephalus acheilognath* (figura 1), *Cichlidogyrus sclerous, Neoergasilus japonicus* y *Lernea cyprinacea*, registradas también en otras localidades de nuestro país (Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003; Jiménez *et al.*, 2001; Salgado-Maldonado, 2006).



Figura 1. *Bothriocephalus acheilognathi* (fotografía de Norma Hernández Camacho).

Tres de las cuatro especies de parásitos introducidos con las carpas asiáticas (*Cyprinus carpio*) afectan a los peces causando la destrucción de tejidos internos y externos, además de que promueven subsecuentes infecciones secundarias por hongos y bacterias, lo que lleva normalmente a la muerte del pez o bien a una disminución de su condición corporal. Los efectos patológicos de estos parásitos (Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003; Hoffman, 1999) hacen que sean reconocidos como una amenaza importante para las especies nativas de peces y, sobre todo, para la ictiofauna endémica del centro de México (figura 2).

Aunado a sus características agresivas, la especificidad hospedatoria de estas especies es muy baja, es decir, son generalistas (pudiéndose establecer en casi cualquier familia de peces de agua dulce). También son consideradas como autogénicas, es decir, cumplen todo su ciclo de

Pineda López, R. 2012. "Parásitos de peces como especies invasoras en la cuenca alta del Río Laja" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 378-380.

Cuadro 1. Composición de las comunidades parasitarias de peces nativos e introducidos en tres localidades del alto río Laja.

Especies de peces nativos e introducidos	Especies parasitarias		Localidad
	Nativas	Introducidas	
Goodea atripinnis	*Parvitenia* sp *Rhabdochona lichtenfelsi* *Posthodiplostomum minimum* *Eustrongylides* sp	*Bothriocephalus acheilognathi*	Los Galvanes
Poeciliopsis infans	*Posthodiplostomum minimum*		Los Galvanes
Yuriria alta	*Posthodiplostomum minimum*	*Lernaea cyprinacea* *Bothriocephalus acheilognathi*	Los Galvanes
Goodea atripinnis	*Posthodiplostomum minimum* *Eustrongylides* sp *Clinostomum complanatum* *Rhabdochona lichtenfelsi* *Gyrodactylus* sp	*Bothriocephalus acheilognathi* *Centrocestus formosanus Lernaea cyprinacea*	Xote
Xenotoca variata		*Bothriocephalus acheilognathi* *Centrocestus formosanus*	Xote
Poecilia sphenops	*Posthodiplostomum minimum*	*Centrocestus formosanus*	Xote
Yuriria alta	*Clinostomum complanatum*	*Neoergasilus japonicus* *Bothriocephalus acheilognathi*	Xote
**Oreochromis aureus*		*Cichlidogyrus sclerosus*	Los Galvanes
**Cyprinus carpio*	*Rhabdochona lichtenfelsi*	*Lernaea cyprinacea* *Bothriocephalus acheilognathi*	La Quemada

Nota: Las especies de peces marcadas con (*)son introducidas. Fuente: Elaboración propia, ejemplares en colección parasitológica de la UAQ.

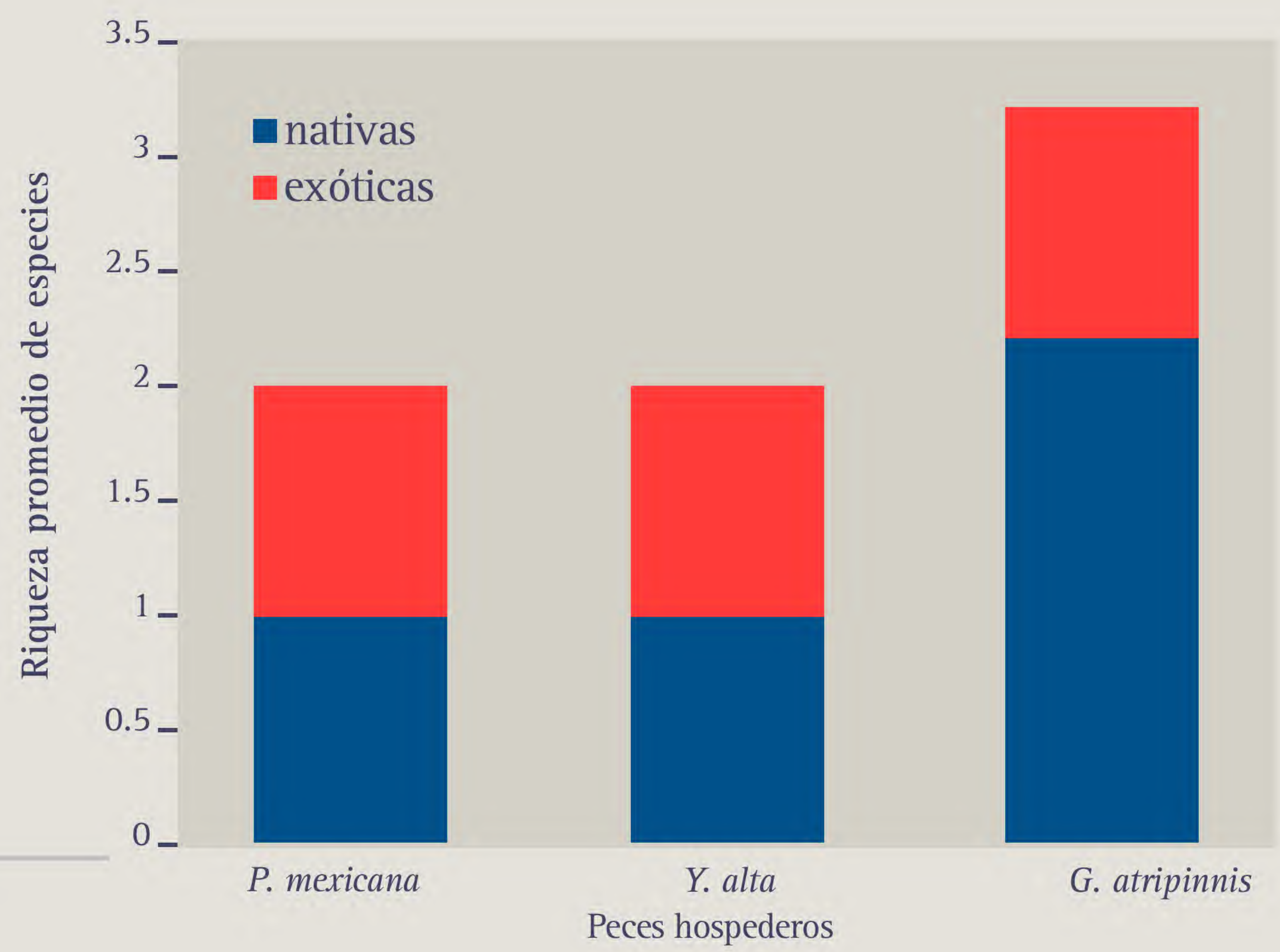


Figura 2 . Riqueza promedio de especies parásitas exóticas y nativas en tres peces nativos.

vida dentro del ambiente acuático, y dependen para su primera colonización de un ambiente acuático de la ayuda del hombre, la cual, en la región, se favorece por la aplicación de una política pública que promueve las actividades de acuicultura extensiva, pero sin ejercer un control en la diseminación de estos parásitos. Una excepción de este patrón es el tremátodo, *Centrocestus formosanus*, especie alogénica que culmina su ciclo de vida en aves piscívoras. La dispersión de esta especie en nuestro país se ha visto facilitada por la introducción de su primer hospedero intermediario, el caracol asiático *Thiara tuberculata*, ahora reconocido como altamente invasivo y ligado a ambientes tropicales (Scholz y Salgado-Maldonado, 2000), lo que explica su presencia en el arroyo cálido de El Xote.

Hasta el momento no se ha establecido ningún proceso de erradicación o medidas preventivas para contener a las especies exóticas. Sin embargo, la conservación de la ictiofauna nativa requerirá de la erradicación o al menos contención de las especies exóticas de peces y sus parásitos. Para ello, es importante considerar las siguientes estrategias:

1. Establecer un programa de monitoreo continuo de las variaciones espaciales y temporales de las especies invasivas (peces y parásitos) en el cauce principal del río Laja y sus tributarios principales.
2. Promover una acuicultura extensiva responsable que considere la cuarentena presiembra de los peces y la prevención de escapes de bordos y estanques hacia los cauces de arroyos y río.
3. Prevenir nuevas introducciones de peces y sus parásitos.
4. Buscar las unidades de escurrimiento o microcuencas libres de peces y parásitos invasivos para protegerlas a través de herramientas normativas.

Literatura citada

Cotler, H., M. Mazari y J. Sánchez. 2006. *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala*. México, Instituto Nacional de Ecología (INE)/Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

Hoffman, G. 1999. *Parasites of North American freshwater fishes*. E.U.A., Cornell University Press.

Jiménez-García, M.I., V.M. Vidal-Martínez y S. López-Jiménez. 2001. "Monogeneans in introduced and native cichlids in Mexico: evidence for transfer", *Journal of Parasitology* **87**: 907-909.

Pineda-López, R., E. Díaz-Pardo, E. Soto-Galera *et al.* 2000. *Caracterización de las comunidades bióticas de ambientes lóticos de las cuencas Lerma-Chapala y Pánuco*. Reporte final. México, Conacyt/Sistema de Investigación Regional Miguel Hidalgo (Sihgo).

———, N. Hernández-Camacho y G. Salgado-Maldonado. 2009. "Parásitos de peces", en R. Pineda-López, E. Díaz-Pardo y M. Martínez y Díaz (coords.), *Biota acuática de arroyos y ríos (Cuenca Lerma-Chapala y Pánuco). Manual de Identificación*. México, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Serie Biología, pp. 161-175.

Salgado-Maldonado, G. 2006. "Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico", *Zootaxa* **1324**: 1-357.

———, G. y R. Pineda López. 2003. "The Asian Fish Tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi*: a potential threat to native freshwater fish species in Mexico", *Biological Invasions* **5**: 261-268.

Scholz, T. y G. Salgado-Maldonado. 2000. "The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea:Heterophyidae) in Mexico: A review", *American Midland Naturalist* **143**: 185-200.

DIVERSIDAD DE PLANTAS PRESENTES EN JALES DE GUANAJUATO Y SU POSIBLE USO EN EL FITOMANEJO DE CONTAMINANTES

Gustavo Cruz Jiménez | Ma. Guadalupe de la Rosa Álvarez | Salvador Solís González | Patricia Graciela Palafox Solís | Claudia Karina Sánchez Sánchez | Yolanda Alcaraz Contreras

Introducción

En el paisaje del distrito minero de la Valenciana en Guanajuato es común encontrar estructuras llamadas jales mineros, que son los residuos generados por la explotación minera; se estima que la cantidad de éstos puede llegar a 150 megatoneladas (Ramos-Arroyo *et al*., 2004). Con el paso del tiempo, estos desechos han sido poblados por especies vegetales como las malezas, que han mostrado su capacidad de crecer y desarrollarse en estos residuos, a pesar de las altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT), como arsénico, cadmio, selenio, plomo, mercurio, entre otros. Hasta el momento, los listados de las especies que se encuentran en dichos lugares son escasos y pueden tener un uso potencial para fitomanejo (uso de especies vegetales para rehabilitar lugares perturbados por diversos contaminantes), dependiendo de su tolerancia a los EPT y de su capacidad para acumularlos en sus tejidos. En este trabajo se muestra la diversidad vegetal que se encuentra en un sitio de jales mineros con el fin de detectar posibles especies que pueden ser utilizadas con fines de fitomanejo para Guanajuato.

Método

Con el fin de proveer de información se llevó a cabo un muestreo en los jales mineros cercanos a la Deportiva Valenciana de la ciudad de Guanajuato (figura 1) durante el verano del 2008 después del periodo de lluvia.

La colecta se realizó sobre los jales y para la recolecta de las especies se estimó la cobertura vegetal, tomando aleatoriamente las especies con mayor cobertura dentro del campo de estudio (Cano y Marroquín, 1994; Pérez, 2004). La identificación de las especies se realizó con base en literatura (Díaz y Palacios, 1992; Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004; Rzedowski *et al.* 2005; Terrones *et al*., 2004, 2007).

Resultados

De los muestreos efectuados se desprende que en los jales mineros del sitio bajo estudio existen 16 especies vegetales pertenecientes a 11 familias y dos tribus (figuras 2 a 17). La familia mejor representada fue Compositae, registrando un total de seis géneros y seis especies distribuidas en dos tribus Heliantheae (con cinco géneros y cinco especies), y Tageteae (con un género y una especie), 12 de la especies vegetales se distribuyen de forma natural en la región (75% del total de especies encontradas), las otras cuatro son introducidas (25%). Del total de especies, el 54% son herbáceas, de las cuales 31% son arvenses (crecen en los cultivos principalmente) y 24% son ruderales (crecen alrededor de los caminos), así como 2% son arbustivas y 1.6% de árboles.

Con el fin de evaluar la bioacumulación de EPT en plantas se realizaron análisis para determinar la concentración de metales en las especies *Tecoma stans, Euphorbia albomarginata* y *Castilleja arvensis*, para elementos acumulados de plata, oro, cadmio, arsénico, plomo selenio, cromo, hierro, manganeso, zinc, níquel y cobre. Sin embargo, de estos elementos solamente se encontraron presentes en cantidades cuantificables cromo, cobre, hierro, manganeso, arsénico y selenio. En el cuadro 1 se muestran las concentraciones de los elementos encontrados en las tres especies estudiadas.

Cruz Jiménez, G., M.G. De La Rosa Álvarez, S. Solís-González, *et al.* 2012. "Diversidad de plantas presentes en jales de Guanajuato y su posible uso en el fitomanejo de contaminantes" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 380-387.

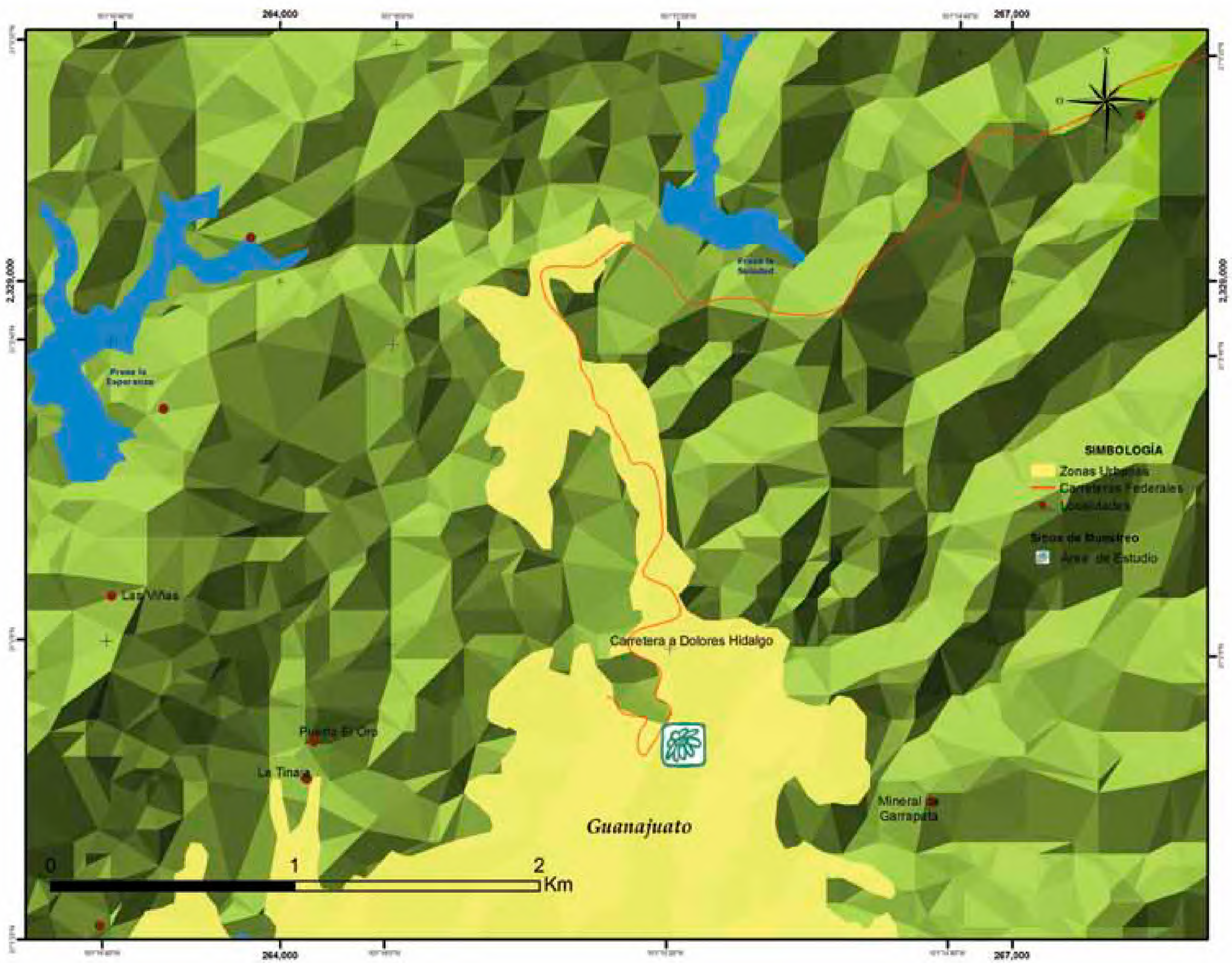


Figura 1. Mapa en el que se muestra el sitio de estudio y los puntos de muestreo.



Figura 2. Huizache (*Acacia farnesiana*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 3. Maguey (*Agave americana*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 4. Sábila (*Aloe barbadensis*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 5. Aceitilla blanca (*Bidens odorata*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 6. Palo xilote (*Bursera fagaroides*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 7. Flor de elote (*Castilleja arvensis*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 8. Hierba de la golondrina (*Euphorbia albomarginata*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 9. Hierba cabezona (*Heliopsis annua*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 10. Casahuate (*Ipomoea murucoides*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 11. Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 12. Ojo de gallo (*Sanvitalia procumbens*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 13. Pirul (*Schinus molle*) (fotografía de Salvador Solís González).



Figura 14. Cinco llagas (*Tagetes lunulata*)(fotografía de Salvador Solís González).



Figura 15. Flor de San Pedro (*Tecoma stans*)(fotografía de Salvador Solís González).



Figura 16. Coronilla (*Tridax coronopetifolia*)(fotografía de Salvador Solís González).



Figura 17. Chotol (*Thitonia tubiformis*) (fotografía de Salvador Solís González).

Cuadro 1. Concentraciones encontradas de diferentes elementos en plantas que crecen sobre jales mineros.

Planta	Elemento (concentraciones promedio mg/kg en tejido seco)					
	Cromo	Cobre	Fierro	Manganeso	Arsénico	Selenio
T. stans (tallo)	4.7	28.2	582.5	54.3	6.0	ND
T. stans (hojas)	ND	6.7	496.9	68.7	6.9	23.8
E. albomarginata (total)	ND	10.4	315	76.2	7.8	25.7
C. arvensis (tallos y hojas)	ND	10.4	179.1	36.7	3.3	ND
Intérvalo de concentraciones normales en plantas	0.03-14	5.0-20	NR	20-1000	0.02-7.0	0.001-2.0

ND = No detectado NR = No reportado

Dichas concentraciones de los elementos se encuentran dentro del intervalo que se considera normal en plantas de acuerdo a lo reportado por Alloway (1995). El elemento que se encontró fuera de los intervalos normales fue el selenio, además de que se acumuló en mayor cantidad en las hojas de *T. stans* y en *E. albomarginata*. De este análisis es importante mencionar que *T. stans* fue capaz de transportar el selenio hasta las hojas, característica que se busca para usar ciertas plantas con fines de fitorremediación. El hierro y el manganeso fueron los metales que se acumularon en mayor cantidad en estas especies, y es probable que estos metales se encuentren en mayor cantidad en los jales.

Conclusiones

Como conclusión principal de este trabajo se puede decir que es necesario ampliar los estudios de bioacumulación de EPT a otras especies estudiadas en este trabajo, con el fin de contar con un listado más amplio de especies potenciales para la restauración de jales mineros del estado de Guanajuato, actividad que ha impactado al ambiente guanajuatense por varios siglos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Conacyt (CB-61649) y Concyteg (08-16-k662-127), así como Concyteg (06-16-K117-96).

Literatura citada

Alloway, B.J. 1995. *Heavy metals in soils*. Londres, Blackie Academic and Professional.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. "Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XX.

———, J. Rzedowski *et al*. 2005. *Flora fanerogámica del valle de México*, 2ª ed. Michoacán, México. Instituto de Ecología A.C. (Inecol)/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Cano, G. y J. Marroquín. 1994. *Taxonomía de plantas superiores*. México, Trillas.

Díaz, B.H. y R.M. Palacios. 1992. "Lista preliminar de especies de pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro (México)", *Flora del Bajío y regiones adyacentes*, fascículo complementario III.

Pérez, V.A. 2004. *Degradación del Bosque pluvial en una cuenca hidrográfica del Norte de la isla grande de Chilóe*. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Ramos-Arroyo, Y.R., R.M. Prol-Ledesma, C. Siebe-Grabach. 2004. "Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México. Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21: 268-284.

Terrones, R.T. del R., C. González Sánchez, S.A. Ríos Ruíz. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato*, Libro Técnico núm. 2. Guanajuato, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

———, H. García, M.A. Hernández *et al*. 2007. *Potencial agroforestal con arbustivas nativas*, Folleto técnico núm.1. Guanajuato, México, INIFAP.

FACTORES QUE AFECTAN LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ EN GUANAJUATO

5 Capítulo

José Alfonso Aguirre Gómez

Introducción

México es considerado como centro de origen y de diversidad del maíz (Wellhausen *et al*., 1951). La variación ecológico ambiental que se manifiesta en nuestro país, y los diversos usos que se tiene de este cereal, ha originado que los productores continúen aplicando muchas de las prácticas enseñadas por sus antepasados a través de las cuales no sólo conservan los materiales nativos, sino también conocimientos y prácticas del comportamiento que reflejan una gran coevolución entre el cultivo y la población humana (Bellon, 1991). Actualmente existe preocupación por parte de científicos del área biológica y social sobre la pérdida potencial de esta diversidad en la moderna agricultura mexicana. Con la modernización, los agricultores experimentan nuevas oportunidades comerciales e incentivos económicos que los hacen migrar fuera de sus comunidades (Barkin,1987; Brush *et al*., 1988; Ortega-Pazcka, 1973). Se presenta un análisis regional sobre la importancia que tienen factores agroecológicos y socioeconómicos determinantes para la diversidad biológica del maíz existente en la región sureste de Guanajuato.

El sureste del estado concuerda con la división del Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 04 Celaya (figura 1), donde las condiciones climáticas la hacen ser una de las regiones de mayor variabilidad ecológica para la producción de especies agrícolas, pecuarias y forestales en el estado. Comprende una extensión de 357 774 ha agrícolas, las cuales son en su mayoría de temporal (80%). El principal cultivo es el maíz, aunque también el frijol se siembra en extensiones considerables. La variación en altura oscila entre los 1 500 a 2 700 msnm, y la precipitación anual va desde 550 hasta 850 mm. La temperatura media anual se presenta en un rango entre los 16-19 ºC (García, 1989).

Selección de ambientes

Esta investigación fue desarrollada a nivel región abarcando la variación agroecológica (clima y suelo) y la socioeconómica (capital, recursos, infraestructura) existentes, en una representación conceptual, formada por una matriz con dos ejes (figura 2), en donde cada uno representa las condiciones contrastantes (crítico [-] y óptimo [+]) de cada factor. La combinación de estos factores a lo largo de la región, brinda un rango de ambientes bien definidos para el desarrollo del maíz, con variantes específicas en cada una de ellos.

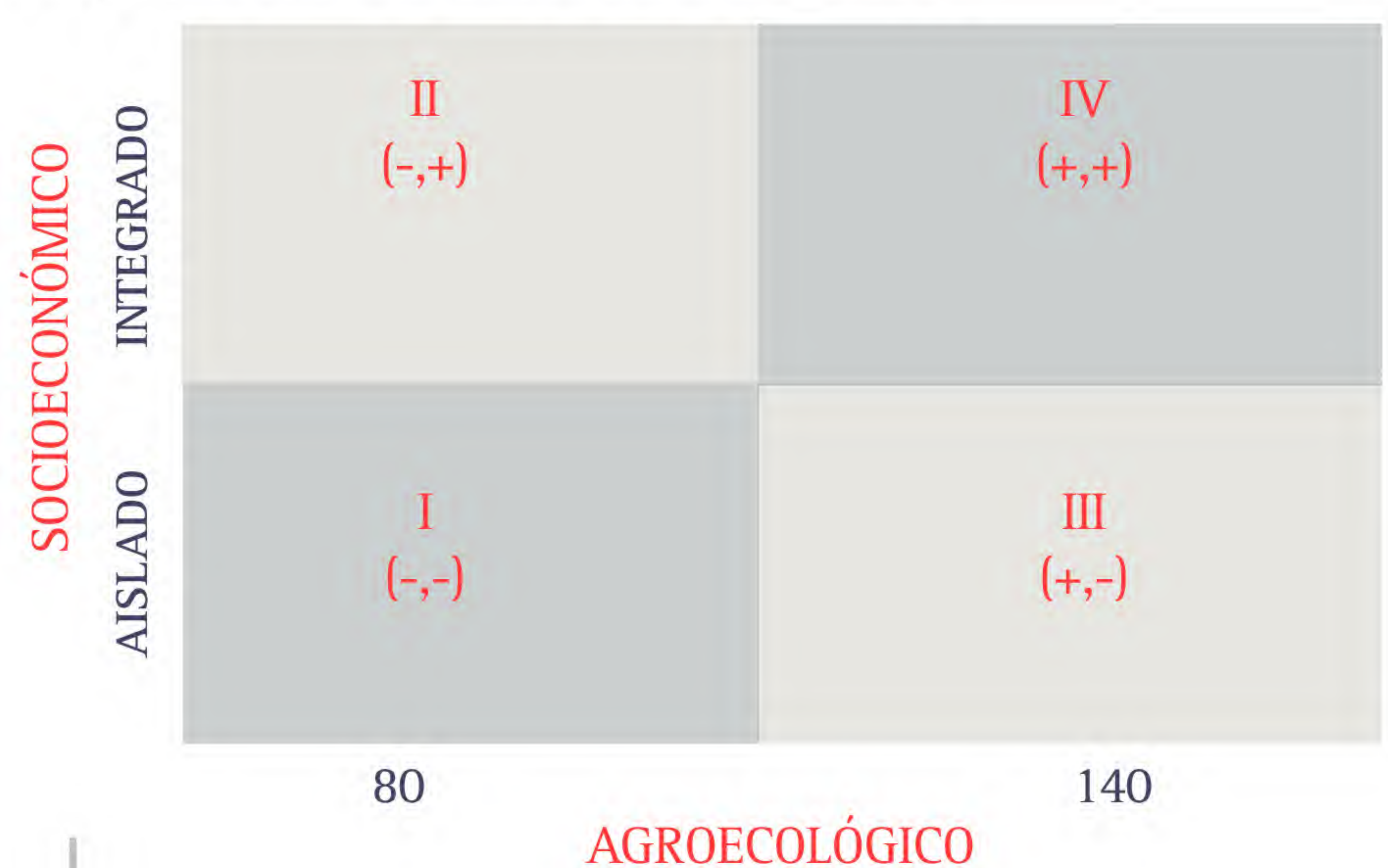


Figura 2. Modelo conceptual que representa la delimitación de ambientes de diversidad en el sureste de Guanajuato.

Factor agroecológico

La delimitación de ambientes se efectuó con la ayuda de trabajos sobre potencial productivo para maíz desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en esta región (García, 1989; Tapia y García, 1991). Se recurrió al parámetro agroclimático "periodo de crecimiento" (PC) –por disponibilidad de humedad, ajustado al periodo libre

Aguirre Gómez, J. A. 2012. "Factores que afectan la diversidad del maíz en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 388-395.

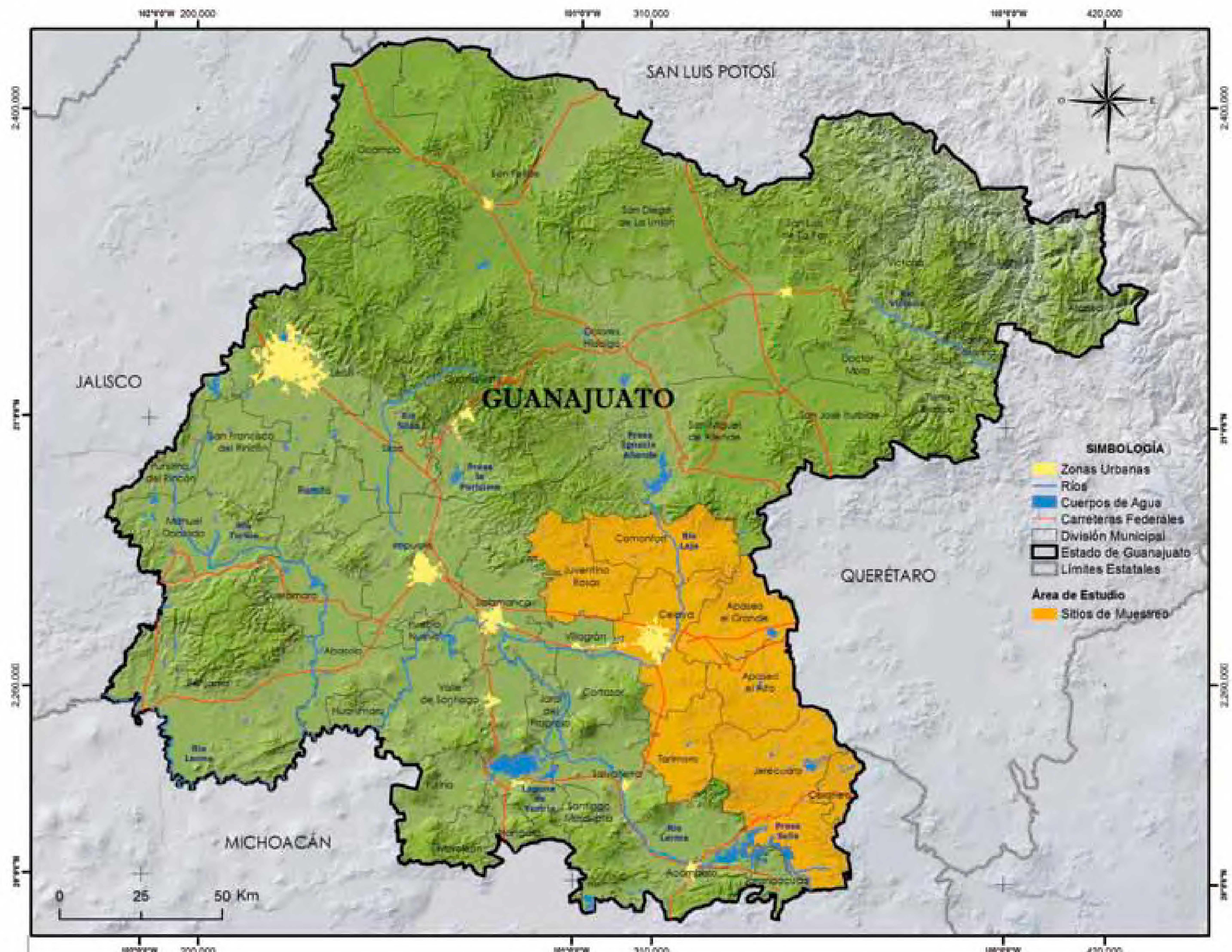


Figura 1. División municipal del distrito de desarrollo rural 004 Celaya, Guanajuato.

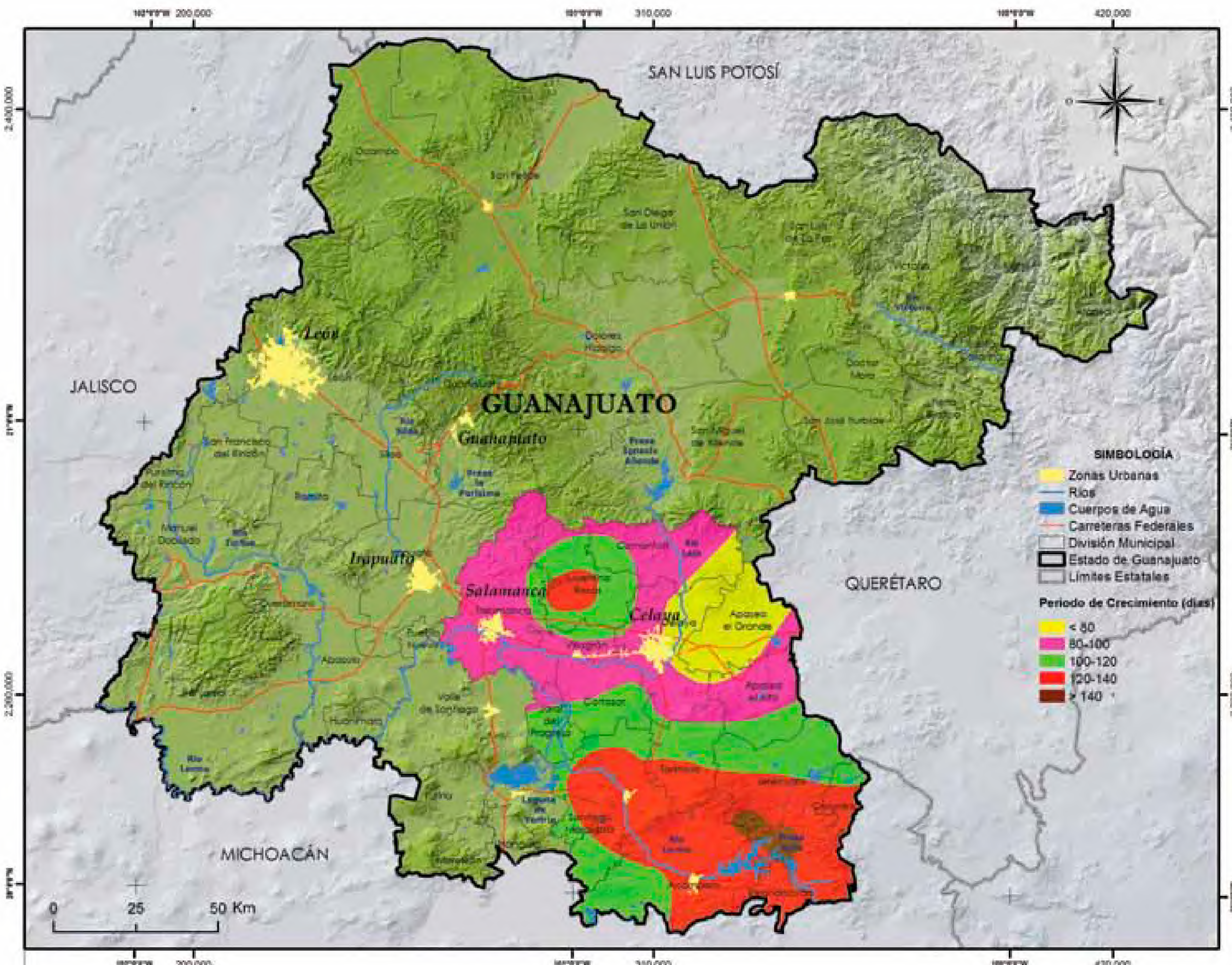


Figura 3. Áreas de periodo de crecimiento identificadas en el sureste de Guanajuato para la producción de maíz (García, 1989).

de heladas– (FAO, 1981; Villalpando, 1983); y se define como el lapso durante el año en el que existen condiciones favorables de humedad y temperatura para el desarrollo del cultivo. Mediante este criterio se delimitaron áreas geográficas homogéneas para el desarrollo del maíz, y se consideró un PC de 70% de probabilidad como norma principal para diferenciar los ambientes de producción. Las dos áreas más contrastantes de esta región, por el factor antes mencionado, fueron seleccionadas para realizar el análisis de diversidad del maíz. La primera con 80 o menos días de PC, considerada como ambiente crítico para la producción, se ubicó en el municipio de Apaseo el Grande. La segunda área, con 140 o más días de PC, considerada como ambiente óptimo para el desarrollo del maíz, se ubicó en el municipio de Jerécuaro (figura 3).

Factor socioeconómico

Se diferenciaron las dos zonas más desiguales en niveles socioeconómicos, dentro de cada área del PC seleccionado, para de esta forma contar con cuatro ambientes contrastantes para la producción del maíz, en donde se analizó la diversidad existente y su papel en las familias campesinas. Para el ambiente PC de 80 o menos días fue seleccionada la región de Ixtla como el de bajo potencial agrícola y baja disponibilidad de infraestructura (ambiente I), y Apaseo el Grande como el de bajo potencial agrícola y alta disponibilidad de infraestructura (ambiente II). Para el ambiente con PC de 140 o más días, las regiones seleccionadas fueron Puruagua como el ambiente con baja disponibilidad de infraestructura y alto potencial agrícola (ambiente III), y Jerécuaro con alto potencial agrícola y alta disponibilidad de infraestructura (ambiente IV) (figura 2).

Los términos *aislado e integrado* dentro de un área productora de maíz se miden con relación a la cantidad y tipos de vías de comunicación existentes, por el acceso a mercados, tecnologías modernas e infraestructura necesaria para la producción. Al respecto, la diversidad del maíz en esta región se verá afectada por la mayor o menor cantidad de vías de comunicación, mercados e infraestructura necesaria para la producción.

Selección de comunidades y unidades de producción

Para seleccionar las comunidades, a través de las listas de afiliados al Programa de Apoyos Directos al Campo, de forma aleatoria se seleccionó a 10% de las familias, para tener un muestreo total de 160 familias en 21 comunidades de los cuatro ambientes de diversidad.

El trabajo de campo se realizó durante el ciclo de cultivo. En las familias seleccionadas, la persona que estaba a cargo de la producción fue identificada y entrevistada para obtener información sobre las características socioeconómicas de cada unidad familiar, la parcela de maíz y las características de la variedad, así como también aspectos sobre la selección y manejo de semilla. Después de la cosecha, se colectaron muestras de mazorcas de las variedades sembradas por las familias seleccionadas; cada muestra consistió de 40 mazorcas por variedad elegidas por el agricultor. Se colectaron 257 muestras de maíz de las 160 familias, y un especialista del Banco de Germoplasma de INIFAP realizó la identificación racial de las muestras.

Diversidad biológica de maíz en el sureste de Guanajuato

Del total de muestras colectadas 92.6% fueron criollos[1] y cruzas entre ellos, 3.9% materiales mejorados,[2] mientras los acriollados[3] fue mínima la influencia, con sólo 3.5% (cuadro 1). La mayor concentración de materiales se presentó en los ambientes I y III. Por el contrario, los ambientes II y IV presentaron porcentajes más bajos con 9.7 y 22.2%, respectivamente. Un aspecto interesante,

[1]Criollo o raza criolla: grupo de individuos con un significante número de genes en común, con la capacidad de entrecruzarse y formar individuos muy similares entre sí.

[2]Material mejorado: semilla de maíz obtenida bajo condiciones controladas, manifiesta homogeneidad genética (se conoce genealogía). Estos materiales expresan alto potencial de rendimiento, pueden ser híbridos, variedades sintéticas, o bien, de polinización abierta.

[3]Acriollado: material mejorado mezclado con poblaciones criollas de maíz durante varios ciclos de cultivo, con la finalidad de mezclarlo y establecerlo como material local, si expresa buena adaptación y características idóneas para el productor. Esta semilla mantiene el nombre de la variedad mejorada y puede o no estarse reemplazando en lapsos de tiempo (Bellon, 1991).

resultado de las entrevistas, es que los materiales mejorados han estado disponibles por más de 30 años en el Bajío y su uso ha sido limitado, al menos en los ambientes II y IV; el bajo porcentaje de muestras ahí encontrado nos sugiere que en estos ambientes los productores están dejando de considerar al maíz por opciones más rentables. Esto debido a que los costos para la producción de maíz son iguales o mayores a los ingresos por la venta del grano, por lo que los productores sustituyen el maíz por especies con mayor margen de ganancia en la comercialización, como el ajo, apio, cebolla, lechuga, repollo, coliflor etcétera.

El hecho de encontrar pocos materiales mejorados en los ambientes II y IV, sugiere que esta tecnología no es lo que los productores buscan. Ellos cuentan con sus materiales locales, y la adquisición de algunas de estas semillas externas es sólo para generar hibridaciones que den originen a individuos sobresalientes en las poblaciones de maíz. La realización continua de esta actividad genera mayor variabilidad en la diversidad regional del maíz, debido al influjo incesante de genes dentro de las poblaciones locales.

En la clasificación de muestras por color de grano (cuadro 2), la mayoría fueron de color blanco seguidas por el negro, rojo, amarillo y pintos. En todos los ambientes predominaron los maíces con grano blanco. En ambientes II y IV la frecuencia de maíces de color fue más baja que en los ambientes I y III. Los maíces amarillos y pintos sólo fueron encontrados en el ambiente I y en el III. Este resultado muestra cómo la integración al mercado juega un papel importante en la diversidad por color de grano. La industria de la masa y la tortilla incentiva con mejores precios el grano que se adapta a sus procesos de transformación, por esta razón muchos de los maíces blancos aseguran su comercialización, mientras los maíces de color son rechazados al no cubrir parámetros de color, tamaño y forma del grano, por lo que su consumo se da preferentemente en las zonas rurales.

En cuanto a las razas de maíz en la región, se detectaron algunas que ya habían sido reportadas y clasificadas para el área del centro de la República Mexicana (Wellhausen *et al*., 1951; LAMP, 1991). Las razas dominantes en el sureste

Cuadro 1. Muestras de maíz colectadas en ambientes de diversidad del sureste de Guanajuato.

Tipo de materiales	Ambientes								
	I		II		III		IV		
	#	%	#	%	#	%	#	%	Total (%)
Razas criollas	55	61.1	10	40	55	64.7	32	56.1	59.14
Cruza entre criollos	34	37.7	11	44	25	29.4	16	28.07	33.46
Acriollados	0	0	2	8	5	5.88	2	3.5	3.5
Mejorados externos	1	1.1	2	8	0	0	7	12.28	3.89
TOTAL	90	35.01	25	9.7	85	33.07	57	22.17	100

Cuadro 2. Clasificación de materiales por color de grano en ambientes de diversidad del sureste de Guanajuato.

Color de materiales	Ambientes								
	I		II		III		IV		
	#	%	#	%	#	%	#	%	Total (%)
Blanco	52	57.7	20	80.0	56	65.9	48	84.2	68.50
Negro	21	23.3	2	8.0	19	22.4	4	7	17.90
Colorado	13	14.4	3	12.0	8	9.4	5	8.8	11.28
Amarillo	4	4.4	0	0.0	0	0.0	0	0	1.55
Pinto	0	0.0	0	0.0	2	2.4	0	0	0.77

Cuadro 3. Razas de maíces registrados en ambientes de diversidad del sureste de Guanajuato.

Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Ambiente IV
Tablilla de Ocho	Celaya	Celaya	Celaya
Cónico Norteño	Bolita	Elotes Cónicos	Cónico Norteño
Elotes Cónicos	Elotes Cónicos	Mushito	Tabloncillo
Híbrido	Cónico Norteño	Cónico Norteño	Elotes Cónicos
Celaya	Versión 1000 Granos	Celaya X Cónico Norteño	Híbrido
Versión 1000 Granos	Híbrido	Celaya X Cónico Norteño	Cónico Norteño tipo Pepitilla
Amarillo Dulce	Cónico Norteño X Celaya	Celaya X Tabloncillo	Cónico Norteño X Generación avanzada de híbrido
Cónico Norteño tipo Pepitilla	Celaya X Cónico Norteño	Celaya X Generación avanzada de híbrido	Cónico Norteño X Celaya
Celaya X Tabloncillo Perla	Celaya X Tuxpeño	Celaya X Mushito	Cónico Norteño X Bolita
Celaya X Olotillo	Celaya X Pepitilla	Elotes Cónicos X Celaya	Elotes Cónicos X Pepitilla
Celaya X Tablilla de Ocho	Celaya X Bolita	Mushito X Celaya	Celaya X Pepitilla
Celaya X Tabloncillo	Pepitilla X Celaya	Mushito X Cónico Norteño	Celaya X Cónico Norteño
Celaya X Cónico Norteño	Bolita X Celaya	Cónico Norteño X Bolita	Pepitilla X Cónico Norteño
Celaya X Elotes Cónicos	Bolita X Olotillo	Cónico Norteño X Pepitilla	Pepitilla X Celaya
Cónico Norteño X Celaya	Elotes Cónicos X Celaya	Cónico Norteño tipo Pepitilla	Bolita X Cónico Norteño
Cónico Norteño X Bolita	Generación avanzada de híbridos	Cónico Norteño X Celaya	Generación avanzada de híbridos
Cónico Norteño X Tablilla de Ocho		Bolita X Generaciuón avanzada de híbrido	
Tablilla de Ocho X Cónico Norteño		Bolita X Cónico Norteño	
Tablilla de Ocho X Celaya		Pepitilla X Celaya	
Pepitilla X Celaya		Pepitilla X Cónico Norteño	
Bolita X Celaya			
Elotes Cónicos X Celaya			
Elotes Cónicos X Cónico Norteño			

de Guanajuato (cuadro 3) fueron Cónico Norteño, Celaya y Elotes Cónicos. La raza Bolita se detectó mezclada con otras razas. En los ambientes I y III existe amplia variación dentro de Elotes Cónicos en sus diversas tonalidades (negro, colorado y pintos). Los ambientes I y III manifiestan mayor diversidad de razas de maíz, mientras que en los ambientes II y IV presentan menor diversidad, con presencia de materiales mejorados.

Factores que afectan la diversidad del maíz en el sureste de guanajuato

Con la finalidad de analizar en qué medida el efecto del ambiente agroecológico, ambiente socioeconómico y algunas variables de la UP (Unidad de Producción) ejercen influencia sobre la cantidad de materiales presentes en las diversas áreas se utilizó el modelo estadístico llamado de regresión con el fin de ver la relación existente entre algunas variables con el número de variedades presentes.

El análisis mostró que el ambiente agroecológico no presenta una relación significativa con la diversidad de razas de maíz presente en la región, lo que apunta a que el manejo y conservación del maíz criollo se está realizando por los productores independientemente a las áreas en donde se encuentren.

Existe relación negativa en el ambiente socioeconómico con la diversidad del maíz en la región, lo cual sugiere que la cercanía de mer-

cados, vías de comunicación, crédito e infraestructura para la producción, desplazan o sustituyen las variedades de maíz, lo que concuerda con los resultados presentados en los cuadros 1, 2, y 3 de esta sección. La interacción entre ambiente agroecológico y ambiente socioeconómico, indica que bajo condiciones agroecológicas favorables y adecuadas condiciones de integración al mercado hay mayor diversidad del maíz.

Existe una relación directa positiva entre la condición de humedad temporal, con el número de variedades de maíz, situación que revela que el temporal favorece la siembra y conservación de materiales criollos, además de coincidir con los resultados encontrados en los ambientes I y III. En la condición de humedad (riego) se encontró que reduce la diversidad del maíz, lo que sugiere que el riego promueve la siembra de materiales mejorados, u otros cultivos, con la finalidad de sufragar el uso de este recurso, desplazando, por consiguiente, materiales que no están acordes a esta forma de producción.

Conclusiones

El manejo que ejercen los productores sobre sus variedades criollas busca aprovechar la variación que se manifiesta por la conjunción de factores agroecológicos y socioeconómicos; es decir, el productor aprovecha o desarrolla variantes de maíz para diversos nichos de producción o mercado. Por lo tanto, la conservación de razas criollas de maíz se ejerce por los campesinos independientemente a las condiciones climáticas de la región, mientras que la falta de elección y conservación de las diferentes razas puede estar influido principalmente por la acción de factores socioeconómicos.

El hecho de encontrar una gran variedad de razas de maíz en esta región indica que tales materiales se están usando para cubrir necesidades básicas de consumo por las familias campesinas (alimento de la familia, variar dieta, forraje para animales, venta, etcétera). Independientemente de los precios de comercialización del maíz en el mercado, la diversidad presente en la región es un factor importante en el desarrollo de las familias campesinas. A través de las variantes de maíz, el agricultor obtiene satisfactores básicos para su familia y, de manera indirecta, incrementa la variabilidad de las poblaciones nativas en su continuo afán de encontrar materiales específicos para usos particulares.

Las consecuencias negativas de la pérdida de diversidad en la región y el estado en general, por efecto de las presiones socioeconómicas, conlleva a la pérdida del banco de genes dinámico que se encuentra en esta región. Los productores tendrían que pagar por la adquisición de semillas para siembra y se perdería la vocación agrícola, debido a la dificultad de encontrar otro cultivo que se adapte bien a condiciones ambientales adversas como el maíz bajo condiciones de temporal.

Una solución a este problema es continuar sembrando todos nuestros maíces y buscar mercados alternativos para su comercialización, lo que podrá lograrse si identificamos las características diferenciadas de nuestros maíces con respecto al resto del maíz. De esta forma se podrá determinar la calidad del grano por las proteínas, pigmentos, aceites o almidones que contenga, lo que es muy diferente a sólo comercializar el grano.

Se requiere completar estudios sobre la variedad del maíz en todas las regiones productoras del estado, con la finalidad de saber cómo se encuentra la diversidad actualmente, evitar la pérdida de materiales y genes valiosos y conservar el arraigo de nuestros campesinos a sus lugares de origen. El valor de nuestra diversidad no se fundamenta en lo económico, sino en la conservación de un recurso natural que nos pertenece y da vida y bienestar a nuestras regiones productoras de maíz.

Literatura citada

Barkin, D. 1987. "SAM and seeds", en J.E. Austin y G. Esteva (eds.), *Food policy in Mexico: the search for self – sufficiency*. Itahaca, Nueva York, Cornell University Press, pp. 111-132.

Bellon, M.R. 1991. "The ethnoecology of maice variety management. A Case study from México", *Human Ecology* **19**: 389-418.

Brush, S.B., M. Bellon y E. Schmidt. 1988. "Agricultural development and diversity in México", *Human Ecology* **16**: 307-328.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1981. Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas, vol. 3. Metodología y Resultados para América del Sur y Central. Informe sobre recursos mundiales de suelo 48/3 Roma.

García, H. 1989. "Potencial agroclimático de cultivos en el estado de Guanajuato", en *Primer taller de diagnóstico de sistemas de producción agrícola. Guanajuato, México*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)/Centro de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (CIFAP).

Lamp (Proyecto Latinoamericano de Evaluación de Maíz). 1991. *Catálogo del germoplasma de maíz*, tomo II.

Ortega-Paczka, R.A. 1973. *Variación en maíz y cambios socioeconómicos en Chiapas, México, 1946-1971*, tesis de maestría. Chapingo. México. Colegio de Postgraduados (CP).

Procampo. Programa de Apoyos Directos al Campo. 1996. *Padrón de usuarios oficial del programa de apoyos directos al campo (Procampo) del Distrito de Desarrollo Rural 004 Celaya*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Delegación Guanajuato. Documento de circulación interna.

Tapia, N.A. y H. García. 1991. *Marco de referencia y catálogo de tecnologías agropecuarias para el Distrito de Desarrollo Rural 04 Celaya*. Guanajuato, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)/ INIFAP/Campo Experimental Bajío (Cebaj)/Proyecto de Organización, Capacitación, Asistencia Técnica en Investigación (PROCATI).

Villalpando, F. 1983. *Metodología de investigación en agroclimatología*. Cuernavaca Morelos. Apuntes mecanografiados. México. SARH/Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, X.E. Hernandez *et al.* 1951. *Razas de maíz en México*. Su origen, características y distribución, Folleto Técnico núm. 5. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Oficina de Estudios Especiales.



RESUMEN

María Zorrilla Ramos

La documentación de experiencias particulares del cómo la sociedad civil (organizada o no) y las instituciones educativas trabajan por el conocimiento, la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad permite identificar las necesidades de fortalecimiento de estos sectores (sociedad civil y academia).

En este capítulo se abordan algunas experiencias de educación ambiental tanto formal, como informal en el estado, y se destacan casos y propuestas específicas para la utilización de distintos instrumentos con la finalidad de promover la conservación y el uso sustentable del capital natural en Guanajuato.

Se presenta un análisis detallado de cómo se considera el tema de la diversidad biológica en las instituciones de educación superior, de manera concreta en la oferta educativa, que indica que existe un incipiente interés en el tema. En contraste, los estudios de caso presentan cómo la sociedad civil organizada y la no organizada, han generado propuestas que tienen como objetivo acercar la educación ambiental hacia las comunidades locales ya sea a través de manuales, planes de manejo o campamentos enfocados a la sensibilización de la naturaleza, por poner algunos ejemplos.

Durante la elaboración de este capítulo se evidenciaron tres aspectos que deberán ser tomados en cuenta en futuros planes y política:

El primero es la necesidad de que el tema de la biodiversidad sea parte de la agenda de trabajo de las organizaciones sociales y de las instituciones educativas. En este sentido hay mucho por hacer al respecto, y este diagnóstico, y la estrategia que derive, debe tener como uno de sus objetivos una mayor difusión del tema en la sociedad.

El segundo aspecto es la falta de conocimiento que hay a nivel nacional e internacional sobre la biodiversidad en el estado, y esto se ve reflejado en la falta de apoyos y esfuerzos coordinados entre los ámbitos (internacional, federal, estatal y municipal). Con algunas excepciones, las pocas organizaciones que trabajan como tema principal la conservación o el conocimiento de la diversidad biológica, carecen de recursos y apoyos suficientes para poder llevar al cabo proyectos en el largo plazo. Esta situación, si bien no es privativa de este estado, sí se ve afectada por la falta de reconocimiento que en el ámbito nacional tiene Guanajuato como un estado con importantes recursos biológicos, que proveen bienes y servicios ambientales fundamentales para el bienestar de la sociedad.

El tercer aspecto es que los casos que se conocen y que abordan el tema de la biodiversidad realizan de manera simultánea e inseparable tanto acciones de educación ambiental, como proyectos de conservación.

Por otro lado, no se contó con un número suficiente de experiencias debido a la falta de sistematización de las mismas, derivado probablemente por una falta de interés para su documentación por parte de investigadores

Historia (fotografía de Ignacio A. Ponce Ornelas).

y estudiosos en la materia. La necesidad de que instituciones, organizaciones e investigadores desarrollen nuevas líneas de investigación en el tema es una invitación y un área de oportunidad que deberá ser promovida e integrada en la estrategia de biodiversidad del estado.

La participación informada de la sociedad es la mejor manera de asegurar una gestión sustentable de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad.

LOS RETOS DE LA EDUCACIÓN Y LA BIODIVERSIDAD EN GUANAJUATO: EL CASO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Yadira Fabiola Estrada Sillas | Oscar Báez Montes

Camino Recorrido

La problemática del medio ambiente y su degradación tiene dimensiones globales que superan los límites geográficos, barreras económicas y posturas políticas e ideológicas. Esto conlleva a la necesidad de interpretar la problemática ambiental no como una suma de problemas, sino como el resultado de la interacción de todos ellos, por lo que su grado de complejidad impiden una explicación a través de simples mecanismos acumulativos (Rivera-Delgadillo, 2000).

En México, la educación superior, y de manera particular las universidades públicas, han avanzado paulatinamente en la búsqueda de respuestas a la problemática ambiental. La universidad pública enfrenta múltiples retos y exige romper con los viejos esquemas de la enseñanza para abrir nuevas posibilidades al papel interactuante entre maestro y alumno, entre escuela y sociedad, entre sociedad y gobierno, entre gobiernos y países.

Por primera vez, en 1948, se propuso la utilización del término educación ambiental con la idea de propiciar una síntesis entre las ciencias sociales y las ciencias naturales (Sánchez *et al*., 1997). 20 años después, en el informe Founex, previo a la conferencia de Estocolmo, se planteó la idea que debía generarse, a partir de los programas educativos, una preocupación sobre el medio ambiente.

En Estocolmo (1972), nace el Programa Internacional sobre Educación Ambiental, que centra la atención internacional en temas medioambientales, especialmente los relacionados con la degradación ambiental y la contaminación fronteriza, además, menciona reiteradamente que las instituciones educativas deben tomar conciencia de la urgencia del problema y aplicar sus recomendaciones a los sistemas educativos de cada país.

A partir del surgimiento de este programa en la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental en Tbilisi (1977) se señaló como indispensable una educación ambiental que no sólo sensibilizara sino también modificara las actitudes y proporcionara nuevos conocimientos y criterios (González-Gaudiano, 1993).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1985) reconoce la importancia de la educación y la investigación ambiental, ya que corresponde a las instituciones de educación superior un papel relevante en la generación y transmisión del conocimiento.

En Río de Janeiro (1992), en la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, se habla por primera vez sobre biodiversidad y se crea un convenio que es firmado por 168 países: la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) que, particularmente en el artículo 13, reconoce la necesidad de crear conciencia y educar al público diversificando el proceso de cambio conceptual en el campo de la educación ambiental. El concepto de diversidad biológica plantea retos particulares en cuanto a comunicaciones y educación por ser de índole completa, compleja y no bien definida (González-Gaudiano, 2007).

La discusión sobre la educación y gestión ambiental en el ámbito de la educación superior mexicana tiene sus inicios hacia el año 1985 con la instalación de la Red de Formación Ambiental en Querétaro. Fue a partir de ahí que en 1991 la Universidad de Guanajuato desarrolló programas para atender la problemática ambiental, encaminando sus acciones básicamente a la investigación e incluyendo un componente de formación de profesionales (Sánchez *et al*., 1997).

Hablar de la inserción del tema de biodiversidad en el ámbito educativo conduce a analizar la introducción del pensamiento ambiental en las instituciones del sistema educativo. En este apartado se aborda con mayor énfasis el nivel superior

Estrada Sillas, Y. F. y O. Báez Montes. 2012. "Los retos de la educación y la biodiversidad en Guanajuato: el caso de la educación superior" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 399-403.

para motivar la inclusión de la biodiversidad como parte de la complejidad ambiental en Guanajuato.

Contexto de Guanajuato

El estado de Guanajuato cuenta con una población de 4 940 413 habitantes (Inegi, 2010), de los cuales 1 370 631 se encuentran estudiando desde el nivel preescolar hasta bachillerato. En cuanto a la educación superior, de acuerdo con lo reportado por el Inegi (2010), se inscribieron 104 779 alumnos para el ciclo 2008/2009 en diversas escuelas y facultades de las Instituciones de Educación Superior (IES) del estado, incluyendo posgrado. Guanajuato cuenta con 140 planteles de IES, entre universidades y tecnológicos, que atienden las diversas ramas del conocimiento (ciencias sociales y administrativas, ingeniería y tecnología, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales y exactas, educación y humanidades).

En el estado se cuenta con un marco normativo que determina y fundamenta el abordaje para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad de acuerdo a lo establecido en la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato, pues establece en una de sus bases "... Proteger la Biodiversidad, el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y demás recursos naturales".

Asimismo, en su artículo 69, menciona que el Instituto de Ecología del Estado (IEE) y la Procuraduría de Protección al Ambiente, con la participación de las autoridades competentes, promoverán ante las IES y los organismos dedicados a la investigación científica y tecnológica el desarrollo de programas para la formación de profesionales en la materia y para la investigación de las causas y efectos de los fenómenos ambientales en el estado, así como programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación y proteger los ecosistemas de la entidad.

El sistema de educación superior

Para identificar los retos que lleva consigo la conservación de la biodiversidad en los esquemas de la educación superior se deben analizar dos documentos que son la base para la proyección de Programas Educativos a nivel estatal: el Programa Estatal de Educación Superior (PEES) de Guanajuato y el Programa Estatal de Educación Ambiental para el Desarrollo Sustentable (PEECA) (Semarnat, 2005).

El Sistema de Educación Superior, como lo establece el PEES de Guanajuato, incluye entre sus premisas: que la educación debe ser congruente con la realidad social (acorde a los desafíos emergentes), con un nuevo comportamiento académico (remplazar la enseñanza tradicional por esquemas de colaboración flexibles y autogestivos), con renovación de los planes de estudio para apropiarse de los cambios que marca el progreso de la ciencia y la tecnología actuales y desarrollando una conciencia ambiental (mediante el impulso de programas académicos que fortalezcan la conciencia ecológica y propicien el desarrollo sustentable), entre otras.

En este sentido, Soriano (1999) menciona que es necesario que el Sistema de Educación Superior incluya innovaciones conceptuales, metodológicas, actitudinales, pero también estructurales y organizativas, que posibilite trabajar con enfoques inter y multidisciplinarios.

El PEES (2002) visualiza al estado de Guanajuato hacia el 2025 con un Sistema Estatal de Educación Superior con una orientación humanista, pero vinculado integralmente con su entorno social.

Este enfoque debe estar, además, íntimamente vinculado con el entorno ambiental, donde los programas educativos contemplen elementos orientados al desarrollo sustentable, aspecto que es abordado en un subprograma especial del PEES, denominado Educación Superior para el Desarrollo Sustentable. En este subprograma, destacan tres proyectos que, si se implementan de manera adecuada y se les da continuidad, servirán como base para permear la generación de conocimiento y difusión sobre el uso y conservación de la biodiversidad. Son:

- Proyectos de procesos escolarizados, donde se incorpore la dimensión ambiental.
- Proyecto de fortalecimiento de la capacidad de gestión.
- Proyecto de investigación sobre la educación y el medio ambiente.

No se encontraron datos que evalúen el cumplimiento de las metas que se establecieron al corto plazo por parte del PEES, sin embargo, es necesario proyectar a mediano plazo y, de manera permanente, metas relacionadas con la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

Un aspecto fundamental que cumplirán las IES, relacionadas con los objetivos del CDB, será la producción, difusión y transferencia de conocimiento de la biodiversidad y su relevancia en las dinámicas de la sociedad.

En el estado existen programas de difusión de la biodiversidad que ha impulsado la Universidad de Guanajuato, a través del Museo Alfredo Dugès, sobre diversos temas que han tenido un alto impacto en la ciudadanía. De la misma manera destacan las actividades que realiza el Programa Institucional de Medio Ambiente de la Universidad de Guanajuato, que podría coordinar acciones estatales conjuntamente con otras IES.

Son necesarios mayores esfuerzos en el campo de la investigación en materia de biodiversidad en el estado, sin embargo, diversos grupos de trabajo han comenzado el abordaje de la generación de conocimiento en los tres niveles de la diversidad biológica: genes, especies y ecosistemas. Entre las principales universidades y centros de investigación que están impulsando estos esfuerzos recientemente, se puede mencionar a la Universidad de Guanajuato, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma de Querétaro, el Instituto Politécnico Nacional, el Instituto de Ecología A.C., el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y el Centro de Investigaciones Avanzadas, Unidad Irapuato, entre otras instituciones, que a través de diversos programas y fondos apoyan este tipo de actividades.

El Programa y Plan Estratégico de Educación Ambiental presenta líneas estratégicas, objetivos y acciones, que deben ser tomados en cuenta para la superación de los retos educativos en materia de biodiversidad. Para la entidad se enfocan particularmente cuatro de las seis líneas estratégicas presentadas:

- Participación social.
- Difusión y comunicación.
- Integración de la variable ambiental en las políticas de las instituciones educativas.
- Formación, capacitación e investigación.

Es necesaria una transformación social para conseguir un cambio en la tendencia a la pérdida de la biodiversidad. Pero muchos sectores y grupos implicados en las estrategias de biodiversidad aún no se percatan de la importancia del cambio social, ni del papel que puede desempeñar la educación en el mismo (González-Gaudiano, 2007).

Lo anterior remite a pensar el porqué y para qué de la educación, pero también en el qué y el cómo. Existen múltiples retos: cómo traducir los planteamientos teóricos a propuestas curriculares específicas; cómo hacer sensibles a las universidades públicas para que incorporen la biodiversidad en la dimensión ambiental, principalmente cuando se considera que los problemas ambientales son ajenos a los objetos de estudio de la mayoría de las carreras; cómo vencer la resistencia de los profesionales que creen que sus prácticas profesionales no deterioran el ambiente y piensan que probablemente debe ser atendida por otros. Algunas universidades han creado nuevas licenciaturas y posgrados dirigidos a estos campos. Pero han dejado intactas las estructuras de las carreras tradicionales, incluso las que producen severos impactos ambientales (Soriano, 1999).

Se realizó una revisión de 62 IES del estado (ANUIES, 2007) que ofrecen la formación superior, de las cuales sólo ocho (12.9%) ofrecen carreras relacionadas con temas ambientales, seis son públicas y dos privadas. En ellas se identificaron 10 carreras de temas ambientales relacionadas con la biodiversidad, presentadas en el cuadro 1.

Se revisaron los programas de estudio de estas carreras mediante la búsqueda de información en las páginas web de las ocho IES que ofrecen estos programas, y se verificó si está considerada de manera explícita la enseñanza de la biodiversidad en la formación de los estudiantes de nivel superior. Solamente la carrera de Biología Experimental de la Universidad de Guanajuato, contempla esta formación en una de sus materias.

Es necesario evaluar los contenidos temáticos de las asignaturas para corroborar en cuáles carreras se aborda de manera indirecta o parcial el tema de la biodiversidad, y determinar si es necesario integrarlo como contenido principal en carreras ambientales —como una materia— o debe ser abordado de manera transversal,

Cuadro 1. Carreras ambientales relacionadas con la biodiversidad ofertadas en el estado.

Carreras	Instituto Tecnológico de Celaya	Instituto Tecnológico de Roque	Instituto Tecnológico Superior de Irapuato	Universidad de Guanajuato	Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato (IPN)	Universidad Tecnológica de León	ITESM – Campus Irapuato*	Universidad de La Salle Bajío*
Biología			1					
Biología Experimental				1				
Ing. Ambiental	1		1	1				
Ing. En Tecnología Ambiental						1		
Ing. Bioquímico	1		1					
Ing. Agrónomo		1		1			1	1
Ing. Forestal			1					
Ing. en Biotecnología					1		1	
Ing. En Farmacéutica					1			
Químico Farmaceútico Biólogo				1				
Totales	2	1	4	4	2	1	2	1

*Privada

así como identificar las materias en las que debe vincularse su contenido temático con el conocimiento y uso sustentable de la biodiversidad.

Los retos de las instituciones de educación superior y la biodiversidad

González-Gaudiano (2007) plantea que no es lo mismo hablar de educación para la conservación que de educación para la biodiversidad, pues se trata de conceptos distintos. El enfoque dominante en la educación para la conservación es el de educar para conservar individuos, no procesos, en cambio educación para la biodiversidad debe contener lo mismo que una buena educación ambiental, pero tomando como objeto pedagógico la biodiversidad.

Diversas IES han reconocido la importancia del papel que juega la biodiversidad en los sistemas sociales, económicos y ecológicos, sin embargo, son pocos los egresados en el estado con la formación y las capacidades para afrontar los retos que representa la conservación, uso y permanencia de la biodiversidad en Guanajuato.

Los egresados del nivel superior deben ser no solamente aptos para la producción intelectual (Ramírez, 1993), sino que deben ser personas capacitadas y críticas para la generación de propuestas innovadoras en las que la biodiversidad sea considerada dentro de las variables ambientales, por los bienes y servicios que se obtienen de ella.

Finalmente, los retos de las IES, considerando que los documentos PEES y PEECA deberán abordarse conjuntamente, se pueden resumir en cuatro tópicos principales en educación para la biodiversidad:

- Integración de la variable ambiental (enfatizando la importancia de la biodiversidad en el entorno estatal) en las políticas de las instituciones educativas.
- Innovación en la difusión y comunicación de la biodiversidad.
- Formación y capacitación en materia de biodiversidad.
- Gestión e investigación para el conocimiento, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad estatal.

Literatura citada

ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior). 2007. *Catálogo de carreras de licenciatura en universidades e institutos tecnológicos.*

González-Gaudiano, E. 1993. *Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México*. Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)/Instituto Nacional de Ecología.

———. 2007. *Educación ambiental: trayectorias, rasgos y escenarios*. México, Plaza y Valdés, pp. 193-202.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. *Anuario estadístico de Guanajuato*, en *http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee10/estatal/gto/default.htm*.

PEES (Programa Estatal de Educación Superior. 2002. *http://148.214.34.23/pagcoepes/press/Documentos/Version%20extensa*, última consulta 28 de junio del 2012.

Ramírez, B. 1993. *La educación tecnológica pública media superior y superior en Guanajuato*. Centro de Investigaciones Humanísticas, Universidad de Guanajuato.

Rivera-Delgadillo, J.V. 2000. Universidad y Educación Ambiental en la perspectiva del siglo XXI, en *Memoria Foro Nacional de Educación Ambiental*, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.

Sánchez, S.M.D., C. León y M. Robles. 1997. "La educación superior mexicana en materia ambiental", en *Revista de la Educación Superior*, vol. XXVI (4) núm. 104, en *http://www.anuies.mx/anuies/revsup/res104/art4.htm*.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. "Programa Estatal de Educación Ambiental para el Desarrollo Sustentable", en *Planes Estatales de Educación, Capacitación y Comunicación Ambientales*, vol 1. México, pp. 197-259.

Soriano, R. 1999. *La dimensión ambiental en el currículum universitario*, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 58-69.

EDUCACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN A TRAVÉS DEL MANUAL PARA NIÑOS *LAS AVES DE LA SIERRA DE SANTA ROSA, GUANAJUATO*

Viviana Labarthe Horta

El territorio del estado de Guanajuato ha sido escenario de una intensa actividad minera, explotación agrícola, desarrollo industrial y establecimiento de áreas urbanas desde la época de la colonia (Carranza, 2005). Lo anterior ha causado una fuerte degradación de la cubierta vegetal y convierte a la entidad en uno de los estados de la República Mexicana con mayor deterioro ambiental (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004).

La Sierra de Santa Rosa, localizada en la porción centro-norte del estado de Guanajuato entre los 20° 45' y 21° 25' N y entre los 100° 53' y 101°25' O, y abarcando parte de los municipios de Guanajuato, Dolores Hidalgo y San Felipe, no ha escapado a este daño (Inegi, 1991; Martínez, 2000). Localmente se explota la madera para actividades mineras, pero principalmente para la producción de carbón vegetal, que causa severos daños a los espacios donde se elabora (Martínez, 2000). También es notoria la deforestación para abrir espacios dedicados a la actividad ganadera, así como el incremento de asentamientos humanos irregulares, que han llevado a la proliferación de basureros (Mendoza-Quijano *et al.*, 2001). Por otro lado, la sierra es un lugar de esparcimiento y recreación para los habitantes de las ciudades circundantes y de los pobladores de la zona (Aviña, 1992).

Pese a la gran cantidad de actividades que se llevan a cabo dentro de ella, la Sierra de Santa Rosa es una de las pocas áreas medianamente conservadas en el estado (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). Esta condición ha originado el reconocimiento de la sierra como una región prioritaria para la conservación por diversos organismos nacionales e internacionales (IEE, 1998).

Santa Rosa es un bosque de encinos, que por su topografía y clima, es hogar para muchas especies de plantas y de animales residentes y migratorios entre los que se encuentran más de 172 especies de aves, de las cuales aproximadamente 56% son residentes y el 44% restante son migratorias, características que han validado su consideración como un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (Aviña, 1992; Estrada, 1996; IEE, 1998; Arizmendi y Márquez-Valdemar, 2000).

Siendo el grupo de las aves el más estudiado en la Sierra de Santa Rosa, su conocimiento ha sido el más ampliamente difundido a través de diversas actividades y eventos de educación ambiental, formal y no formal, con la participación activa de instituciones gubernamentales, ONG y la sociedad en su conjunto (Aviña, 1992). El manual para niños *Las aves de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato,* consolidó muchas de las acciones de educación ambiental que han sido llevadas a cabo dentro de la sierra. La realización del manual inició en agosto de 2000 en Guanajuato y durante su proceso de elaboración se trabajó con niños de entre ocho y 14 años en dos modalidades: la primera, con niños urbanos durante los cursos de verano 2000 y 2001 que impartió la Fundación Ecológica de Guanajuato A. C. (FundaE) y, la segunda, con niños de las comunidades rurales de la Sierra de Santa Rosa, durante los talleres Arte y Naturaleza del proyecto "Desarrollo Integral de la Sierra de Santa Rosa: Cultura y Patrimonio Natural" (2001-2002), también de la FundaE. El objetivo principal del manual es contribuir a la conservación de la flora y la fauna del estado de Guanajuato.

Los cursos y talleres permitieron llegar a dos conclusiones que pueden contribuir a mejorar la implementación del mismo: *a*) el conocimiento acerca de las especies de aves es muy amplio en los niños de las comunidades rurales por su contacto directo con la naturaleza, por lo que se debe reforzar mucho más el conocimiento gene-

Labarthe Horta, V. 2012. "Educación para la conservación a través del manual para niños *Las aves de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato*" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 404-406.

ral sobre la biología de las aves y, sobre todo, enfatizar la importancia que tiene conservarlas en su entorno, y *b*) por el contrario, con los niños de la ciudad, se requiere más atención en lo referente a la observación de las especies, pues ellos tienen un amplio conocimiento de la biología general de las aves, pero poco contacto con su entorno natural. Con este trabajo, se logró diseñar, probar y mejorar el contenido y las actividades presentadas en el manual.

La observación de las aves es una actividad de campo útil y atractiva para los niños. Más que un entretenimiento, cabe considerársele un acceso interesante al estudio de la naturaleza, cuyo ejercicio implica inevitablemente descubrir también el mundo natural y, en particular, las interacciones que dan vida a la misma naturaleza. Se nos presenta así como una actividad ideal para niños de entre ocho y 14 años, quienes, en virtud de las características de su desarrollo, sienten estimulada su natural curiosidad por el mundo circundante (Cohen, 1997; Torres, 1998). De esta forma se espera que los niños construyan y fortalezcan una sólida conciencia ecológica

Este manual se divide en seis apartados generales, cada uno de los cuales está formado por temas y contenidos específicos con actividades y juegos de diferentes grados de dificultad, que ayudarán al niño a que aprenda a conocer las aves, especialmente las que habitan en la Sierra de Santa Rosa. Su contenido puede ser examinado en forma individual o grupal (en este último caso, fomenta la interacción social) y debe adaptarse a las posibilidades de cada niño, grupo e instructor.

Además, el manual presenta en su interior una guía para maestros y padres que tiene como propósito orientar a los maestros, padres de familia o a cualquier persona interesada en auxiliar a los niños en el uso del mismo y apoyarlos en la construcción de sus propios procesos de conocimiento y desarrollo. *El manual Las Aves de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato* fue editado y publicado en 2004 por la FundaE y el IEE.

Recomendaciones

Es muy importante tener claro el tipo de público que utilizará el manual, pues los conocimientos previos del tema pueden ser tan variados como las diferencias observadas entre niños urbanos y niños de las comunidades rurales con los que se trabajó. El trato del contenido puede dirigirse hacia una necesidad en específico.

Para obtener el máximo aprovechamiento del manual se recomienda integrarlo a un programa global de educación ambiental. También puede formar parte de actividades extracurriculares de los programas de educación básica, o bien adaptarse a los proyectos de algunas instituciones que llevan a cabo actividades educativas relativas al ambiente, por ejemplo: visitas guiadas, senderos interpretativos y cursos de verano. En este sentido, es importante señalar que su utilización frecuente traerá consigo una manera sencilla y eficaz de participar en el logro de resultados educativos valiosos y duraderos.

Aunque el manual está diseñado con base en el estudio de un lugar específico, la Sierra de Santa Rosa, su contenido admite posibilidades de adaptación y utilización en diversos lugares del estado de Guanajuato y sus alrededores, con las modificaciones pertinentes para cada caso.

Literatura citada

Aviña, C.R. 1992. *Proyecto Santa Rosa,* (inédito). Guanajuato.

Arizmendi, M.C. y L. Márquez-Valdemar (eds.). 2000. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México.* México, Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. (Cipamex)/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN).

Carranza, E. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes,* fascículo complementario XXI.

Cohen, H.D. 1997. *Cómo aprenden los niños*. México, Fondo de Cultura Económica (FCE)/Secretaria de Educación Pública (SEP)/Biblioteca del Normalista.

Estrada, H.A. 1996. *Estudio preeliminar de la avifauna de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México*, tesis de licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1991. *Datos Básicos de la Geografía de México*, 2ª ed. Aguascalientes, Ags.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 1998. *Programa de Manejo, Reserva de Conservación "Cuenca de la Esperanza"*.

Martínez, J.C. 2000. *Estudio holístico y sinecológico en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato,* tesis de licenciatura. México, UNAM, ENEP-Iztacala.

Martínez-Cruz, J. y O. Téllez-Valdés. 2004. "Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 31-49.

Mendoza-Quijano, F., S. Menejes-López, V.H. Reynoso-Rosales *et al.* 2001. "Anfibios y reptiles de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato: cien años después" *Anales del Instituto de Biología,* UNAM, Serie Zoología **72**: 233-243.

Torres, R.M. 1998. *Qué y cómo aprender.* México, SEP-Biblioteca del Normalista.

LA REINA ECOLÓGICA: EDUCACIÓN AMBIENTAL Y AUTOGESTIÓN

María Guadalupe Ramírez Esquivel | Coatlicue García Jiménez | Ramón Cecaira-Ricoy

Hace algunos años, Guadalupe Ramírez Esquivel, instructora comunitaria de la Comisión Nacional de Fomento Educativo (Conafe), tuvo la inquietud de limpiar la playa del río Santa María, conocida como playa El Paraíso. Los principales desechos eran las botellas de Politereftalato de etileno (PET, por sus siglas en inglés) (figuras 1 y 2). La maestra Guadalupe convocó a sus alumnos e inició jornadas de limpieza, en las que iban llenando costales con las botellas. No tardaron mucho tiempo en encontrar las dificultades de esta labor: la cantidad de botellas, falta de una planta o depósito para almacenarlas y financiamiento para transportarlas.

La forma en que la maestra Guadalupe resolvió esto fue modificando el concurso de la reina de la primavera que se realiza cada año en las escuelas, donde se hace una colecta de dinero para apoyar a la candidata a ser la reina de su comunidad. Así, desde hace tres años y con la intención de promover la educación ambiental entre los niños y jóvenes, además de cuidar y proteger el medio ambiente, la instructora comunitaria da vida al proyecto llamado "la Reina Ecológica", el cual consiste en el reciclaje de botellas y contenedores de PET, donde participan comunidades representadas por una niña de entre cuatro y ocho años. Aquella niña (comunidad) que reúna más botellas, es coronada como la Reina Ecológica (figura 3).

Durante el certamen, las pequeñas participan en un concurso de moda, portando un vestido hecho únicamente con material de reciclaje. El día del evento hay una comida y una discoteca, y el costo de la entrada es de cinco botellas de PET (figura 4).

El primer evento se realizó en marzo de 2006 y se recaudaron 2 486 kg de PET. Este esfuerzo permitió la limpieza de la playa del río, sus alre-





Figuras 1 y 2. Limpieza y colecta de envases de PET por parte de los niños de la comunidad (fotografías de María Guadalupe Ramírez Esquivel).

Ramírez Esquivel, M. G., C. García Jiménez y R. Cecaira Ricoy. 2012. "La Reina Ecológica: educación ambiental y autogestión" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 407-408.



Figura 3. Coronación de la Reina Ecológica (fotografía de María Guadalupe Ramírez Esquivel).



Figura 4. Concurso de moda en el cual las participantes utilizan vestidos hechos con materiales reciclables (fotografía de María Guadalupe Ramírez Esquivel).

dedores y los caminos. En este concurso participaron sólo ocho comunidades. El segundo concurso se realizó en abril del 2007 y se integraron más comunidades de Xichú, logrando reunir 9 033 kg de PET. En el año 2009, además de integrarse más comunidades, contó con el apoyo de la Presidencia Municipal que, al mismo tiempo de ayudar con la difusión, prestó una bodega para almacenar lo reunido. En el tercer año del concurso la cantidad de PET colectado disminuyó, sólo fue de 5 897 kg, tal vez porque el PET acumulado en la zona por varios años ya había disminuido con los esfuerzos anteriores.

El material que se colecta es vendido a una empresa recicladora en Dolores Hidalgo, y el recurso obtenido se emplea para cubrir las necesidades prioritarias de las escuelas de las comunidades participantes. El dinero se otorga de manera proporcional al PET que cada comunidad aporta y cada comunidad comprueba mediante notas o facturas los gastos aportados a las escuelas.

Agradecimientos

La maestra María Guadalupe Ramírez Esquivel, agradece el apoyo a la Presidencia Municipal de Xichú, al Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato y a la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Guanajuato.

USO DEL JARDÍN BOTÁNICO “EL CHARCO DEL INGENIO” PARA ACTIVIDADES CULTURALES, TURÍSTICAS, DE EDUCACIÓN AMBIENTAL, ARTÍSTICAS Y DE INVESTIGACIÓN

Mario Arturo Hernández Peña | César Arias de la Canal

El Charco del Ingenio está conformado por una superficie de 100 ha, de las cuales 67 corresponden al Jardín Botánico y 33 al Parque Landeta, este último bajo la gestión de la UNAM desde 2009. En sus inicios fue administrado por la asociación civil Cante; posteriormente, a partir de 1998, esta reserva natural quedó bajo la jurisdicción de una nueva organización, El Charco del Ingenio A.C., para ser registrada, en 1999, ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) como Unidad de Manejo Ambiental para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA). El Charco del Ingenio es miembro de la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos desde 2002, así como del Botanic Garden Conservation International. En 2004, el sitio fue consagrado como Zona de Paz por el Dalai Lama durante su visita a México y, más tarde, en 2005, fue declarado como Zona de Preservación Ecológica por el Ayuntamiento de San Miguel de Allende, con una superficie total de 380 ha (figura 1).

El territorio del Jardín Botánico presenta una fisiografía particular que alberga varios microhábitats (humedales, cañada y zonas semiáridas que los rodean) y tipos de vegetación (matorral xerófilo, pastizal y cardonal) (Meagher, 2007). También comprende áreas perturbadas que han sido reforestadas con especies arbustivas nativas de la región para propiciar su regeneración. Adicionalmente, cuenta con el Conservatorio de Plantas Mexicanas, donde se exhiben importantes ejemplares de varias especies de cactáceas y suculentas (El Charco del Ingenio, 2010).

El Charco del Ingenio como proveedor de servicios ambientales

El Charco del Ingenio, además de ser el guardián de una extensa colección botánica, genera una gran cantidad de servicios ambientales, de los cuales la cabecera municipal resulta la principal beneficiaria. Su ubicación geográfica, situada en la parte media-baja de la subcuenca Támbula-Picachos, le permite recibir gran parte de los escurrimientos pluviales, además de retener sedimentos aportados por la parte alta de la misma.

Gracias a la gestión ambiental del sitio se logra contar con cubierta vegetal que, a manera de esponja, retiene humedad evitando con ello que el centro histórico de la ciudad de San Miguel de Allende se inunde durante las temporadas de precipitación. Además, dadas las características de la vegetación nativa, se contribuye de manera importante a la captura de carbono, traduciéndose ello en generación de oxígeno de alta calidad.

Entre las especies de plantas nativas, seis son endémicas, las cuales a su vez están consideradas con algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010 (cuadro 1).

El sitio se ha convertido en un importante corredor biológico, en donde distintas especies de fauna silvestre han encontrado refugio. Algunas de estas especies se encuentran amenazadas o en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dentro de las especies amenazadas se cuentan tres de reptiles, todas serpientes: *Lampropeltis mexicana*, *Thamnophis eques* y *T. cyrtopsis;* en las aves tenemos a la garza *Botaurus lentiginosus* y el pato *Anas platyrhynchos diazi*; por último, tenemos a los murciélagos *Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris curasoae*, ambas importantes polinizadores de agaves.

Las especies que se encuentran bajo protección especial son dos anfibios: *Lithobates montezumae* y *L. pustulosa*; tres reptiles: la tortuga *Kinosternon hirtipes* y dos serpientes: *Hypsiglena torquata* y la víbora de cascabel de cola negra (*Crotalus molossus*). El grupo más ampliamente representado son

Hernández Peña, M. A. y C. Arias de la Canal. 2012. “Uso del jardín botánico El Charco del Ingenio para actividades culturales, turísticas, de educación ambiental, artísticas y de investigación” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 409-412.



Figura 1. Mapa del Jardín Botánico El Charco del Ingenio A.C.

Cuadro 1. Especies nativas de flora consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Género	Especie	Estatus
Cactaceae	*Coryphantha*	*Coryphantha elephantidens*	Amenazada
Cactaceae	*Echinocactus*	*Echinocactus grusonii*	Peligro de extinción
Cactaceae	*Ferocactus*	*Ferocactus histrix*	Sujeta a protección especial
Cactaceae	*Mammillaria*	*Mammillaria rettigiana*	Sujeta a protección especial
Cactaceae	*Mammillaria*	*Mammillaria zephyranthoides*	Amenazada
Fabaceae	*Erythrina*	*Erythrina coralloides*	Amenazada

Fuente: Elaboración propia.

las aves con seis especies que incluyen al pato *Tachybaptus dominicus*, la cigüeña *Mycteria americana*, el gavilán *Accipiter striatus* y el halcón peregrino *Falco peregrinus*. Por último, las codornices *Cytonyx montezumae* y *Colinus virginianus*.

De manera adicional, el carácter de UMA de El Charco del Ingenio le permitió ser reconocido por la Semarnat como depositario legal de una importante colección de plantas mexicanas, compuesta por más de 500 especies de cactáceas, 300 de crasuláceas, 90 de agaváceas y algunas bromeliáceas, representativas de todo el país. Asimismo, la colección conforma la base genética para la propagación en vivero, situación que ha permitido el aprovechamiento del recurso de manera responsable.

Otros servicios que presta El Charco del Ingenio

Además de la riqueza biológica que contiene El Charco del Ingenio, preserva una parte de la historia de la zona. En las laderas de su cañada se han encontrado restos de cerámica y lítica prehispánicas, vestigios de obras hidráulicas posteriores a la Conquista, y obras más recientes como los restos del puente del Antiguo Camino a Xichú, que data del siglo XVIII y se encuentra ubicado al oriente de la Presa Las Colonias, y el casco en ruinas de la hacienda del siglo XIX con el mismo nombre. En la zona de la cortina de la presa se han encontrado restos de un tubo de hierro adosado a las paredes de la cañada que data de principios del siglo XIX, el cual fue utilizado para llevar agua a la fábrica textil La Aurora, industria heredera de los obrajes novohispanos.

En la actualidad, El Charco del Ingenio es un espacio en donde, además de su función principal de conservación de la biodiversidad de la zona, se desarrollan diversas actividades complementarias: turísticas, educativas, artísticas, culturales y ceremoniales. El turismo es uno de los aspectos más importantes para el Jardín Botánico, dado que no sólo representa una fuente de ingresos sino que presenta la oportunidad para educar a los visitantes y sensibilizarlos con el entorno a través de visitas guiadas y pláticas, entre otros.

Como un aspecto muy particular, El Charco del Ingenio tiene una importancia simbólica entre las comunidades con raíces indígenas de la región, dado que fue tomado como espacio sagrado en pos del cuidado de los recursos naturales, de la cultura popular, así como de la unión y conformidad de las comunidades de San Miguel de Allende. Para tal efecto, éstas llevan a cabo la festividad anual de la Santa Cruz de El Charco del Ingenio, en donde las ofrendas de cucharilla (*Dasylirion acrotriche*) son fundamentales (figura 2). Debido a la presión sobre las poblaciones silvestres de cucharilla, el Jardín Botánico lleva a cabo desde 2001, con la participación de las propias comunidades rurales, un programa local de conservación mediante la producción de ejemplares en vivero y su distribución y plantación en diversas zonas del municipio.

En años recientes se ha destacado la importancia y la responsabilidad que tienen los jardines botánicos como actores principales, no sólo en la conservación de los recursos naturales, sino en la educación ambiental de la población (Primack y Massardo, 2001). El Charco del Ingenio respondió creando, desarrollando y manteniendo el Programa de Educación Ambiental de San Miguel de Allende (PEASMA) a partir del 2003, en conjunto con otras organizaciones civiles e instancias gubernamentales involucradas en el cuidado ambiental. Este programa tiene como principales receptores a estudiantes de segundo y cuarto grado de primaria del municipio de Allende.

El Charco del Ingenio, en su carácter de organización de la sociedad civil, representa, a manera de sitio, la viabilidad de lograr conjuntar esfuerzos para la conservación de nuestros recursos naturales, en armonía con los diferentes usos que se puedan derivar del sitio. Cabe resaltar que para lograr los resultados que hoy día se presumen, ha sido significativa la participación de los diferentes actores locales, quienes consideran el sitio como un elemento de identidad local de gran valor simbólico.

Así pues, la función de éste como de otros jardines botánicos ha dejado de ser estática y pasiva para convertirse en protagonista, y en punta de lanza en la concientización de la población por el medio ambiente y en la difusión del conocimiento que resguardan.



Figura 2. Festividad de la Santa Cruz del Charco en la plaza de los Cuatro Vientos.

Literatura citada

El Charco del Ingenio, Jardín Botánico. En *http://www.elcharco.org.mx/paseo.html*, última consulta octubre de 2010.

Meagher, W.L. 2007. “Revisión y actualización del inventario de la flora espontánea del Jardín Botánico El Charco del Ingenio, San Miguel de Allende, Guanajuato (México)”, *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXII.

Primack, R. y F. Massardo. 2001. “Estrategias de conservación *ex situ*”, en R. Primack, R. Roíz, P. Feinsinger *et al.* (eds.), *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. México. Fondo de Cultura Económica (FCE), pp. 421-446.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA SIERRA DE SANTA ROSA

Arturo García Lozano | Aracely Fernández Basaldúa

Contexto estatal

La diversidad biológica del estado de Guanajuato ha sido reducida sistemáticamente debido al crecimiento poblacional y económico sin precedentes de la región central del país, a la falta de regulaciones ambientales eficientes, así como a la apatía general de la ciudadanía de participar en temas ambientales. De acuerdo con el Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato de 2006-2012 (GEG, 2006), la entidad se ubica hoy entre los polos económicos más importantes del país, pero es también uno de los más contaminados de la República Mexicana, con menor calidad del aire, menor superficie forestal y mayor cantidad de residuos sólidos, incluyendo residuos tóxicos.

Aunado a lo anterior, otra de las principales causas de esta problemática ha sido la falta de medidas de prevención e intervención al medio ambiente a mediano y largo plazos, acordes al ritmo de desarrollo económico que Guanajuato ha presentado. La mayoría de las acciones que se han llevado a cabo en el estado responden a la reparación o disminución de los efectos negativos de contingencias ambientales por causas humanas. Los programas de prevención, cuando existen, quedan sin seguimiento alguno, o sin su ejecución, debido generalmente a la insuficiencia de recursos económicos y humanos.

Guanajuato ha tenido históricamente una región rural con áreas naturales de gran relevancia: por poner un ejemplo, la región del Bajío es productora de los alimentos e insumos que cotidianamente utilizan las grandes ciudades (Sánchez Rodríguez, 2005) razón por la cual es fundamental la atención de ésta para el manejo responsable del medio ambiente en la entidad. Paradójicamente, son las zonas rurales las que sufren los más altos índices de pobreza y marginación social, debido a que en buena parte del siglo XX sostuvieron la plataforma del desarrollo nacional produciendo alimentos baratos para la población urbana y materias primas para la industria en continua expansión (Gordon, 1997).

La ruralidad como concepto ha trascendido ya el tema agropecuario y ahora más que nunca implica una interconexión continua con el medio urbano; es así como cualquier iniciativa a favor de la conservación deberá contar con la participación directa de la población rural. Son las comunidades rurales de Guanajuato quienes tienen la oportunidad actuar directamente sobre la conservación de los recursos naturales, cuyo impacto rebasa geográficamente el área donde se realizan y conllevan un beneficio a la sociedad en general. Sin embargo, continúan al margen de la participación en su más estricta definición, sea por causas exógenas o endógenas.

La escasa diversificación de opciones productivas rentables en el campo mexicano repercute en marginación, pobreza y degradación ambiental. En este sentido, la conservación de los recursos naturales representa una base firme para emprender proyectos productivos que, además de beneficiar la economía de las familias, comporta beneficios ambientales de gran alcance, siempre y cuando se fortalezca la colaboración de organismos civiles, gubernamentales, académicos y de la iniciativa privada, que apoyen con elementos técnicos y económicos para alcanzar las metas propuestas y que brinden la infraestructura adecuada en un ambiente de participación, respeto y autonomía. Es decir, un desarrollo y participación social incluyentes.

Lo anterior no ha sido un fenómeno fortuito, ya que desde la época precolombina, durante el transcurso de la Colonia y durante los dos siglos del México independiente, nuestra sociedad ha vivido gobiernos con rasgos autocráticos, construyendo una cultura en la que la participación ciudadana siempre ha sido marginal, sumado a

García Lozano, A. y A. Fernández Basaldúa. 2012. "Participación ciudadana y conservación de la biodiversidad en la Sierra de Santa Rosa" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 413-417.

la falta de mecanismos para hacer posible una verdadera democracia representativa, basada en la confianza de la población respecto a sus gobernantes y por la poca congruencia de éstos para dar respuestas adecuadas a sus necesidades básicas de desarrollo.

El caso de Cuerpos de Conservación Guanajuato A.C.

No obstante lo que ha acontecido de manera general, en el estado existen experiencias puntuales de participación social que han buscado nuevos esquemas de convivencia social e interrelación sociedad-gobierno. Una de ellas ha sido promovida por Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C. (CCG), organización que ha focalizado sus esfuerzos en la construcción de una estructura organizativa social, donde la persona es el sujeto de desarrollo y la familia es el centro de la estructura social; con una visión de largo plazo, es decir: *el desarrollo humano como la mejor de las estrategias para alcanzar la sustentabilidad* (CCG, 2006).

En este contexto, CCG inició sus actividades en 1998 con un proyecto de mejoramiento comunitario, el cual incluyó la capacitación para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales locales que fomentaran la generación de proyectos productivos, la implementación de ecotecnias, la educación ambiental no formal y el monitoreo de aves como un indicador ambiental. En el 2001 el proyecto pasó a ser un programa de desarrollo microregional, con el enfoque de rehabilitación de las microcuencas donde se asientan las comunidades participantes. Se incorporaron acciones de restauración en arroyos y ríos y conservación de suelos, abarcando más de 20 comunidades rurales del municipio de Guanajuato. Es, entonces, cuando nace el Programa de Desarrollo de la Sierra de Santa Rosa, comúnmente llamado PDS (Fernández-Basaldúa *et al.,* 2007).

El PDS, combina aspectos organizativos comunitarios, rehabilitación de microcuencas, educación ambiental, monitoreo de aves y su hábitat y la promoción de alternativas productivas a las tradicionales de alto impacto ambiental (como son la recolección de tierra de monte, leña y producción de carbón). Estas líneas estratégicas se sustentan en dos pilares:

1. La participación de las familias de las comunidades de la Sierra de Santa Rosa inicia con el análisis de la problemática presente en la zona y la identificación de acciones viables de realizar. La labor de promotoría que realiza CCG facilita la organización y operación de estas acciones a través de intercambios de experiencias, donde se llega a acuerdos de apoyo conjunto y se forman comités para la supervisión, seguimiento y evaluación de resultados (figuras 1 y 2). Al mismo tiempo se abre un proceso paralelo de sistematización de la experiencia donde se exponen los aprendizajes obtenidos en cada etapa, mismos que forman parte de los insumos para las fases sucesivas.

2. La vinculación que promueve CCG se establece desde las acciones-decisiones que se asumen en lo local y las entrelaza a la colaboración de instituciones de gobierno, organizaciones de la sociedad civil, universidades, empresarios, grupos de voluntarios y fundaciones. Con estos sectores se ha establecido un nexo eficiente para la resolución de algunos problemas socio-ambientales y económicos, así como para el conocimiento y cuidado de esta zona. Estos aportes rebasan los límites geográficos de la Sierra de Santa Rosa ya que han logrado replicar proyectos en otras microcuencas, participación social de las ciudades cercanas, promoción de la importan-



Figura 1. Asamblea comunitaria en la Sierra de Santa Rosa (fotografía de Arturo García Lozano).

cia y el reconocimiento de esta sierra a nivel nacional e internacional por parte de universidades, organizaciones civiles y organismos de gobierno de Estados Unidos y Europa.

Con base en estos aspectos las acciones del PDS se rigen por los siguientes componentes o proyectos operativos:

Proyectos productivos

Establecidos para incidir en la disminución de las condiciones de desventaja económica de las familias serranas. Estos proyectos están encaminados al aprovechamiento de los recursos naturales, sobre todo de aquellos que hasta ahora han sido subutilizados y que pueden representar una opción más rentable para la economía de los habitantes de estas comunidades; por ejemplo, las frutas y verduras de la región serrana (figura 3). Este aspecto ha beneficiado a los integrantes de un gran número de familias, en especial a las mujeres.

Educación ambiental

A través de diversas actividades se impulsa el desarrollo de una cultura de respeto al medio ambiente y se capacita en técnicas básicas de conservación. La forma en la que se ha venido promoviendo este aspecto ha sido mediante talleres con los niños y niñas de las comunidades participantes, campamentos con jóvenes de escuelas urbanas quienes, además de donar trabajo voluntario en pro de la preservación de los recursos naturales, adquieren conocimientos sobre la biodiversidad de la Sierra de Santa Rosa (figura 4).

Investigación de la avifauna

Los estudios de este tipo son fundamentales, ya que con base en ellos se orientarán de mejor manera las acciones de conservación de los recursos de esta región. Por ello, hemos realizado censos estacionales de la avifauna en los diferentes hábitats representativos de la Sierra de Santa Rosa. Se han registrado diversas especies consideradas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, por ejemplo, el Águila Real (*Aquila chrysaetos*), y cuatro chipes (*Seiurus motacilla, Setophaga chrysoparia, S.*



Figura 2. Dinámicas de integración (fotografía de Omar Amílcar Jiménez Amaya).



Figura 3. Proyectos productivos surgidos en la Sierra de Santa Rosa (fotografía de Carmen Caballero Prado).



Figura 4. Acciones de Educación Ambiental (fotografía de Arturo García Lozano).

fusca y *Geothlypis tolmiei*). Muchas de estas aves tienen rangos de distribución y migración que abarcan desde el centro y sur de Canadá hasta Centroamérica, siendo esta sierra un punto importante para su descanso y alimentación durante la migración. El listado preliminar abarca 283 especies (figura 5).

Restauración de ríos, conservación de suelos y agua

Considerando algunos estudios que se habían realizado en esta zona, CCG logra definir las microcuencas así como las técnicas y obras a utilizar en su rehabilitación, obras que en la práctica se han venido realizando desde el año 2001 y que han dado como resultado 346 km de arroyos intervenidos con la construcción de más de 40 000 represas de piedra acomodada, apertura de 140 000 zanjas de infiltración de lluvia, casi 10 000 m^3 de terrazas de piedra construidas en laderas erosionadas; lo que se traduce en un impacto ambiental positivo en cerca de 6 millones de m^3 de azolves retenidos y más de 3 millones de m^3 de agua pluvial infiltrada cada verano (figura 6).

Conclusiones

Los resultados de esta experiencia demuestran que la participación ciudadana, acompañada de una labor de promoción transparente y comprometida, pueden generar cambios locales de gran trascendencia. Es así que el aprendizaje más valioso de estos diez años de trabajo por parte de la asociación Cuerpos de Conservación Guanajuato A.C. ha sido la continuidad de acciones de desarrollo focalizadas en una región prioritaria (RTP-99 CONABIO) (figura 7), que han logrado equilibrar las actividades posibles a realizar en el corto y mediano plazo, con el futuro deseable que esta zona requiere, todo esto con una gran dosis de voluntad política y participación ciudadana.

Si bien esta es una historia de participación social exitosa, también ha representado un periodo de búsqueda diaria de espacios y recursos que garanticen el seguimiento y el avance continuo de un programa que requiere una visión a largo plazo con resultados paulatinos pero soste-



Figura 5. *Selasphorus rufus*, una de las especies registradas en los censos (fotografía de Arturo García Lozano).



Figura 6. Actividades comunitarias para la restauración de sitios erosionados (fotografía de Arturo García Lozano).



Figura 7. RTP Sierra de Santa Rosa (fotografía CCG).

nidos. Ha implicado también un serio análisis en la optimización de recursos económicos canalizados a la zona que dimensionen los resultados obtenidos, al mismo tiempo que reconozcan y visualicen el trabajo voluntario que la población de las comunidades rurales ha desarrollado en pro de una importante zona del estado.

Los pueblos, a través de la historia se han desarrollado siempre en función de la relación que estos tienen con la naturaleza, por esta razón el promover seriamente la participación de la sociedad en el cuidado del medio ambiente deberá de ser una labor encaminada a:

- Atender y acompañar a las comunidades (ya sea urbanas o rurales) en el proceso de reapropiación, conocimiento y uso responsable de los recursos naturales.
- Fortalecer las estructuras organizativas que existen en la entidad y crear para ellas un espacio de interacción con las autoridades que "definen" los programas de desarrollo.
- Impulsar las experiencias de desarrollo local con enfoque de sustentabilidad existentes y que han demostrado eficacia en el cuidado del medio ambiente.
- Proveer de infraestructura básica de servicios para la generación de proyectos alternativos para las comunidades, que resuelvan la precariedad en la que la mayoría de esta población está inmersa.

Literatura citada

CCG (Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C.). 2006. *Documento de medición de impactos y modelo de intervención-vinculación del programa de desarrollo Sierra de Santa Rosa*.

Fernández-Basaldúa A., A. García y K. Rodríguez. 2007. *Programa de Desarrollo Sierra de Santa Rosa*. Cuerpos de Conservación de Guanajuato A.C.

GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 2006. *Plan de Gobierno 2006-2012, Guanajuato*.

Gordon, S. 1997. "Pobreza y patrones de exclusión social en México", en L.K. Menjívar y V. Tijssen (comps.), *Pobreza, exclusión y política social*. Costa Rica, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso)/ Universiteit Utrecht/Programa, MOST Unesco.

Sánchez Rodríguez, M. 2005. *El mejor de los títulos: riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en el Bajío mexicano*. El Colegio de Michoacán/Gobierno el Estado de Guanajuato/CEAG.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

LOS JÓVENES Y EL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD: EL CASO DE CUERPOS DE CONSERVACIÓN SIERRA DE PÉNJAMO, A.C.

Jesús Israel Guadián Marín

Introducción

La Sierra de Pénjamo se encuentra en la región del Bajío, entre los municipios de Cuerámaro, Pénjamo y Manuel Doblado. Es una zona de gran diversidad biológica y de importancia en la captación de bióxido de carbono y agua de lluvia para la dotación de agua limpia superficial, así como para la recarga de los mantos acuíferos. Sin embargo, el uso inadecuado de los recursos naturales como la extracción de leña, madera, plantas, pastoreo sin control, quema de áreas boscosas y la agricultura local han modificado el paisaje natural notablemente. La biodiversidad que en ella se encuentra es de gran valor para sus pobladores y las zonas aledañas, no obstante, se encuentra amenazada por varios factores, entre los que destacan el uso inadecuado de sus recursos naturales y el desconocimiento de su importancia ambiental (ccspac, 2007).

El trabajo de los Cuerpos de Conservación Sierra de Pénjamo, A.C.

En la sierra se pueden encontrar varios tipos de vegetación, como los bosques de encino (figura 1), bosque de pino, bosque espinoso, bosque tropical caducifolio, bosque de galería y pastizales, los cuales protegen el suelo y ofrecen recursos naturales forestales maderables y no maderables, además de ser el hábitat de gran diversidad de fauna como aves, mamíferos, anfibios, reptiles e insectos, elementos que en conjunto proporcionan importantes servicios ambientales como la regulación de los ciclos biogeoquímicos y el clima, la recarga de los mantos freáticos y el control de plagas (ccspac, 2007).

De la fauna más representativa se encuentran los murciélagos de cola libre o guaneros (*Tadarida brasiliensis*), los cuales llegan a formar grandes colonias de hasta un millón de individuos. En



Figura 1. Manchón de bosque de encino en la Sierra de Pénjamo (fotografía de Víctor Ramón Aguilar Oliva).

Guadián Marín, J. I. 2012. "Los jóvenes y el conocimiento de la biodiversidad: el caso de Cuerpos de Conservación Sierra de Pénjamo, A.C." en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 418-421.

la sierra se encuentra una colonia en "la cueva del padre Torres" de donde salen al Bajío para alimentarse de insectos que son nocivos para los cultivos agrícolas, manteniendo de esta manera el control de las poblaciones de insectos. Además, el guano que producen es uno de los mejores fertilizantes orgánicos para los cultivos. Sin embargo, se encuentran amenazados por la destrucción de su hábitat, originada principalmente por los mitos que existen sobre ellos.

Otras especies representativas que existen en la sierra son el coyote (*Canis latrans*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el gato montés (*Linx rufus*), la víbora de cascabel (*Crotalus* sp.), la coralillo (*Lampropeltis triangulum*), la salamandra (*Pseudoerycea belli*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y la codorniz (*Cyrtornix montezumae*), por mencionar sólo algunas (datos no publicados).

De las especies que han desaparecido de la sierra se encuentran el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) y el jabalí (*Pecari tajacu*) cuya extinción se debió primordialmente a la destrucción de su hábitat (CCSPAC, 2007).

Por todo lo anterior y por la necesidad de conservar la riqueza biológica de la Sierra de Pénjamo se conformó Cuerpos de Conservación Sierra de Pénjamo (CCSPAC), organización que se preocupa y atiende esta problemática y cuya misión es acompañar a las comunidades de la Sierra de Pénjamo en su desarrollo, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, maximizando sus recursos locales y minimizando el uso de recursos externos, sin agredir ni depredar el medio ambiente y la cultura locales.

La organización inició sus actividades en febrero de 1999 en el ejido Refugio de Villanueva (el cual cuenta con una extensión de 570 ha de bosque), a petición de los ejidatarios, quienes desean preservarlo. El vínculo inicial se hizo con la señora Luisa Mendoza, habitante de este lugar durante más de 10 años y actualmente vecina de la comunidad de San Gregorio; fue ella quien prestó su huerto para usarlo como lugar sede para los proyectos de la organización.

Cuerpos de Conservación Sierra de Pénjamo diseñó un Plan Integral para la Sierra de Pénjamo que contempla cuatro líneas de acción: investigación, intervención comunitaria, recursos naturales y educación ambiental. Sus colaboradores son principalmente jóvenes voluntarios.

Actualmente cuenta con un Centro de Educación Dinámica Ambiental (CEDA) en el Fuerte de los Remedios, municipio de Pénjamo, que comprende una granja integral, un huerto orgánico y el contexto del bosque (10 ha), donde se desarrollan campamentos educativos.

Quienes participan en estos campamentos son principalmente jóvenes de nivel bachillerato, la duración puede ser desde un fin de semana hasta un mes, tiempo durante el cual los asistentes otorgan trabajo voluntario, mientras se capacitan, aprenden y divierten. Dichos campamentos contemplan tres ejes: trabajo, capacitación y recreación (figura 2).

Para desarrollar el eje de trabajo los jóvenes se integran por cuadrillas, las cuales se responsabilizan de proyectos encaminados prioritariamente a la conservación de los recursos naturales del ejido, principalmente arroyos, suelo y cubierta forestal.

En el eje de capacitación se comparten temas de interés para los jóvenes como liderazgo, autoestima, salud sexual y educación ambiental entre otros.

Por último, en el eje recreativo, los participantes colaboran para resolver las necesidades



Figura 2. Señalética del campamento en la Sierra de Pénjamo (fotografía de Jesús Vázquez).

básicas de supervivencia como: dormir, comer, jugar, resolver conflictos, evaluar avances, diseñar proyectos o días de trabajo, conocer otros lugares, dinámicas, juegos y divertirse.

Los campamentos son una experiencia de vida. Los jóvenes que participan descubren y fortalecen su carácter, liderazgo y habilidades, además de sensibilizarse en la problemática ambiental, social e individual de la actualidad.

La experiencia con la que cuenta CCSPAC en el desarrollo de campamentos es amplia ya que ha organizado campamentos internacionales (uno), nacionales (11), estatales (29) y locales (más de 100). Entre los principales logros y premios obtenidos por la organización son el reconocimiento al "Grupo del año" en 1999 y 2001, así como el premio por "Mejor proyecto de educación ambiental", en el 2000 y 2001, que otorga el Consejo Nacional de Cuerpos de Conservación Nacional, A.C. Ha obtenido también el segundo y tercer lugar en el Concurso Nacional de Cultura del Agua y Liderazgo dentro del marco del Festival Nacional de Arte y Cultura de los Colegios de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Guanajuato (CECYTEG) en los años 2000, 2001 y 2002, respectivamente. Asimismo, obtuvo el tercer lugar estatal al "Mejor Organismo o Institución con el Mejor Manejo Integral de Residuos Sólidos", en 2002, otorgado por el Gobierno del Estado de Guanajuato, así como el apoyo del Instituto Mexicano de la Juventud en 2000 por Proyectos Juveniles; para el Proyecto "Agua Clara para la Sierra de Pénjamo", en 2003, y para el proyecto "Brío Joven, Rescate de la Riqueza Natural, Histórica y Cultural de la Sierra de Pénjamo, Gto.", en 2007.

En 2006 se firmó un convenio de colaboración con el CECYTEG, y en el año 2007 subscribió un convenio de colaboración con el municipio de Pénjamo para el proyecto de protección y conservación del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) de la Sierra de Pénjamo, en las comunidades El Guayabo de Ruiz y Pino Solo.

A partir del año 2006 CCSPAC inició un proyecto de intervención educativa en la microcuenca "Arroyo El Sauz", con los trabajos previos de reconocimiento de las comunidades que en ella se encuentran. En los años 2007, 2008 y 2009 contó con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Social para el proyecto: Programa de Intervención Educativa para el Desarrollo Rural Sustentable, en Siete Comunidades de la Sierra de Pénjamo, Gto. (figura 3).

A los largo de estos 10 años, los resultados que se han obtenido por parte de CCSPAC, se puede mencionar también que se han atendido a cerca de 10 000 jóvenes en campamentos educativos donde se les ha compartido la filosofía de la organización, capacitado en diversos temas educativos y sensibilizado en la problemática actual.

Por otra parte se ha generado un movimiento social en pro de la conservación y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales locales bajo el concepto de desarrollo rural sustentable. Por último, cabe mencionar que se ha publicado *Riqueza Natural, Histórica y Cultural de la Sierra de Pénjamo* (CCSPAC, 2007) para el rescate y difusión de la riqueza de la Sierra de Pénjamo.



Figura 3. Paisaje en la Sierra de Pénjamo (fotografía de Víctor Ramón Aguilar).

Conclusiones

En el estado de Guanajuato aún se encuentran importantes áreas que albergan diversidad biológica y que en muchos casos no han sido protegidas bajo ningún esquema y, por otra parte, tampoco han sido lo suficientemente estudiadas y analizadas. Estos sitios, al igual que las áreas naturales protegidas, representan un espacio en el cual los jóvenes de Guanajuato pueden aprender a conocer, valorar y cuidar la biodiversidad. El caso que aquí se presenta es de especial atención, ya que muestra la importancia de la coordinación entre instituciones educativas de nivel medio y organizaciones de la sociedad civil para sensibilizar a los jóvenes, por medio de actividades educativas y lúdicas, sobre las necesidades de la población local, además de que este tipo de experiencias les llegan en una etapa en la que, en la mayoría de los casos, están definiendo su futuro académico, lo que puede ser determinante para aumentar el número de estudiantes en temas relacionados con la conservación de la diversidad biológica. Por lo que este caso representa un ejemplo que puede ser replicable en otras zonas del estado en donde se involucre a instituciones tanto públicas como privadas.

Literatura citada

CCSPAC (Cuerpos de Conservación de la Sierra de Pénjamo A.C.). 2007. *Riqueza natural, histórica y cultural de la Sierra de Pénjamo, Guanajuato.* Morelia editorial.

EXPERIENCIAS EN EL MANEJO INTEGRADO DE MICROCUENCAS PRIORITARIAS EN SAN MIGUEL DE ALLENDE

Joshua Ellsworth | Agustín Madrigal Bulnes

Problemática

Una cuenca es un territorio geográfico que queda delimitado por zonas de mayor altitud, donde se reciben los escurrimientos de agua y la conducen hacia un punto de acumulación terminal. La importancia de la conservación de las cuencas y sus ecosistemas radica en la necesidad de mantener su biodiversidad y los servicios ambientales que proporcionan a la sociedad (Landa y Carabias, 2008). La cuenca del río Laja es la cuenca más grande del estado de Guanajuato (figura 1). Abarca una tercera parte del territorio estatal y se distribuye en 10 de los 46 municipios, cubre una superficie de 500 000 ha y tiene una población estimada de 800 000 habitantes.

El municipio de San Miguel de Allende tiene una población de 150 000 habitantes (80 000 en la zona urbana) y ocupa aproximadamente 20% de la cuenca alta del río Laja, la cual da origen al río del mismo nombre. El Laja es uno de los ríos tributarios más largos del sistema en la cuenca Lerma-Chapala, el que ha sido clasificado como una gran ecorregión global de agua dulce por la World Wildlife Fund (Bezaury Creel *et al.*, 2000).

En la cuenca alta del río Laja, la mala gestión de sus recursos naturales ha tenido efectos perjudiciales en la salud de los residentes, de los ecosistemas y de la economía de San Miguel de Allende. Los años de deforestación, sobrepastoreo y explotación de grava, han provocado una extensa erosión y compactación extrema del suelo, lo que ha ocasionado una reducción en la capacidad de la tierra para conservar el agua y recargar las fuentes de agua subterránea, lo que ha resultado en una disminución de la cobertura vegetal (Sotelo-Núñez, 2006). La contaminación del agua superficial por descarga municipal, industrial y agrícola ha hecho a la mayoría de recursos de agua externa impropia para el uso doméstico.

Paralelo a ello, la extracción de agua subterránea del acuífero es de 700 millones de m^3 por año, tres veces mayor que la recarga natural, destinándose la mayor parte para uso agrícola (85%) y en menor proporción para uso industrial (10%) y residencial (5%) (Mahlknecht *et al.*, 2004). La capacidad de mantenimiento del acuífero, bajo el actual índice de extracción, se estima será de 15-20 años y en algunos sitios el índice de agua subterránea se abate de 2 a 5 m anualmente (Castellanos *et al.*, 2002; Ortega-Guerrero *et al.*, 2002). La disminución del manto acuífero ha dado lugar a la pérdida de manantiales perennes, ciénegas y humedales que fueron hábitats importantes para las aves migratorias y las especies acuáticas endémicas.

Los efectos de la disminución de fuentes del agua subterránea en la salud pública son también severos: como el agua está disminuyendo, las comunidades aumentan el bombeo de agua de pozos contaminados por elementos naturales, tales como el flúor y el sodio, que han lixiviado de rocas volcánicas durante millones de años. Los pozos de 20 comunidades rurales y urbanas de San Miguel de Allende tienen niveles de flúor que están por arriba del límite impuesto por el Gobierno Federal Mexicano: 1.5 mg/l, por lo que se observa comúnmente la deformación dental severa entre los habitantes de las comunidades, debido al envenenamiento por dicho contaminante (Ecosystem Sciences Foundation, 2006).

La productividad agrícola se ha reducido como consecuencia de la reducción de la disponibilidad del agua y al aumento en el costo de bombeo; también, la irrigación con agua subterránea contaminada por sodio ha reducido las cosechas (Ortega-Guerrero *et al.*, 2002). Como el sector agrícola pierde productividad, muchos trabajadores del campo se ven forzados a tras-

Ellsworth, J. y A. Madrigal Bulnes. 2012. "Experiencias en el manejo integrado de microcuencas prioritarias en San Miguel de Allende" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 422-427.

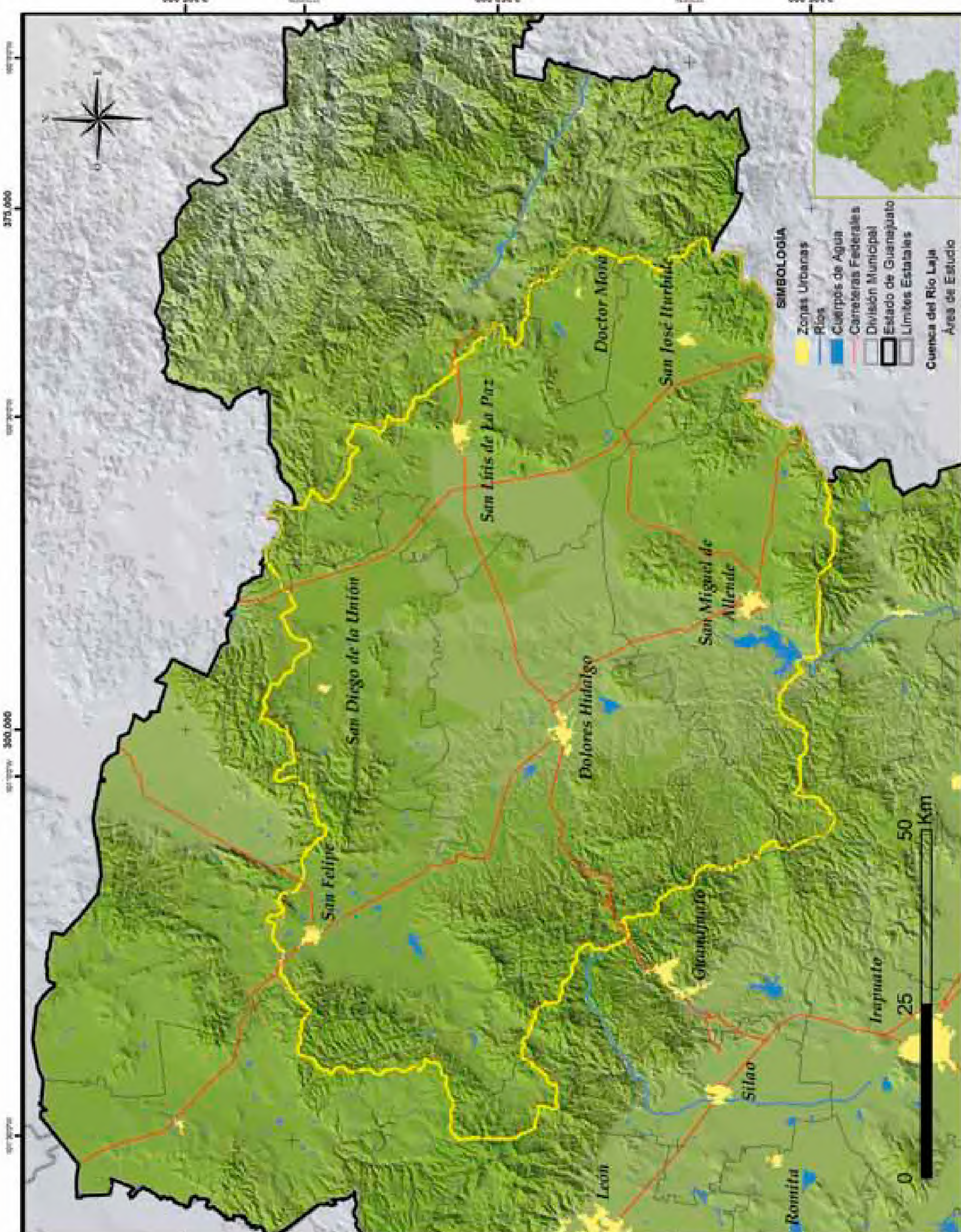


Figura 1. Cuenca del río Laja, estado de Guanajuato.

ladarse a centros urbanos o a emigrar a los Estados Unidos de América; en años recientes, Guanajuato tiene uno de los índices más altos de migración hacia otros estados del país: durante la segunda mitad de los años noventa, se desplazó 9% de los residentes guanajuatenses, y entre 1997 y 2003, 44 000 personas por año emigraron a los Estados Unidos en búsqueda de mejores oportunidades de empleo (GEG, 2007). Esta situación, continúa incrementándose.

Al no existir mejoría en las prácticas del uso de agua, el uso eficaz del agua subterránea, así como la calidad y cantidad de los recursos de agua superficial de las comunidades, la economía y los ecosistemas de San Miguel de Allende y de los otros 10 municipios dentro de la cuenca alta del río Laja continuarán deteriorándose. La amenaza de una crisis regional de agua es reconocida por muchas de las organizaciones no gubernamentales y municipales del estado y de dependencias federales que trabajan en la región (Conafor, 2007). Sin embargo, similar a otras áreas en México, numerosas barreras legales e institucionales, en todos los niveles de gobierno, han bloqueado la ejecución de acciones para la preservación de la cuenca (Alix-García *et al.*, 2005). Uno de los obstáculos es el uso de agua relativamente barata, y la inhabilidad de las agencias reguladoras federales y estatales para supervisar eficazmente el cobro de tarifas de consumo de agua subterránea, quitando así un incentivo económico para que los consumidores practiquen el ahorro del vital líquido (Hoogesteger, 2004).

Otros obstáculos son la carencia de capacidad técnica, voluntad política y recursos financieros para promover la restauración y conservación en la cuenca, así como el uso efectivo del agua en todos los niveles del gobierno (municipal, estatal y federal). Consecuentemente, muchos programas de conservación federal y estatal son subutilizados por las comunidades rurales marginadas. A nivel estatal y federal, las actividades de conservación son apoyadas por dependencias tales como Conafor, Sagarpa y Semarnat; el programa de ProÁrbol es el más extenso y apoya la conservación de las cuencas a través de México con numerosas iniciativas.

Acciones

Las zonas con la prioridad más alta (figura 2) para dirigir las actividades de restauración en el municipio de San Miguel de Allende son: la Sierra de los Picachos, con presencia de bosque de encino y alta biodiversidad, localizada al sureste de la cabecera municipal; la Cañada de la Virgen, reconocida por Conafor como zona posible para apoyo bajo el programa de Servicios Ambientales (hidrológicos), debido a su alto nivel de precipitación y de suelos permeables dando lugar a un mayor potencial en la recarga del acuífero (Mahlknecht *et al.*, 2004), por lo que juega un papel hidrodinámico muy importante en la localidad. De prioridad secundaria está la subcuenca del río San Marcos, un área que tiene potencial medio para la recarga del acuífero y es uno de los tributarios más grandes al río Laja. Es también un sitio de conflictos por la gran explotación de grava y arena de compañías y comunidades locales, por lo que tiene alta prioridad socioambiental.

Es en la subcuenca del río San Marcos donde se han iniciado las acciones de restauración con obras de conservación de suelo y agua en dos comunidades: Cruz del Palmar y Tierra Blanca, con la participación activa de los habitantes de las comunidades y promotores de la Asociación Civil de Salvemos al Rio Laja, quien vincula los Programas del Gobierno Federal de Semarnat y de Conafor.

Estrategias

Adicionalmente a las acciones de restauración se han planteado cuatro líneas estratégicas que se presentan en el cuadro 1.

Comentarios finales

Las acciones de conservación y restauración en la cuenca alta del río Laja, tienen como objetivo central el de proteger y restaurar las funciones hidrológicas y ecológicas en las microcuencas, de tal forma que se asegure en el largo plazo su salud ambiental, la capacidad de recarga del acuífero y garantizar el abasto de agua de calidad

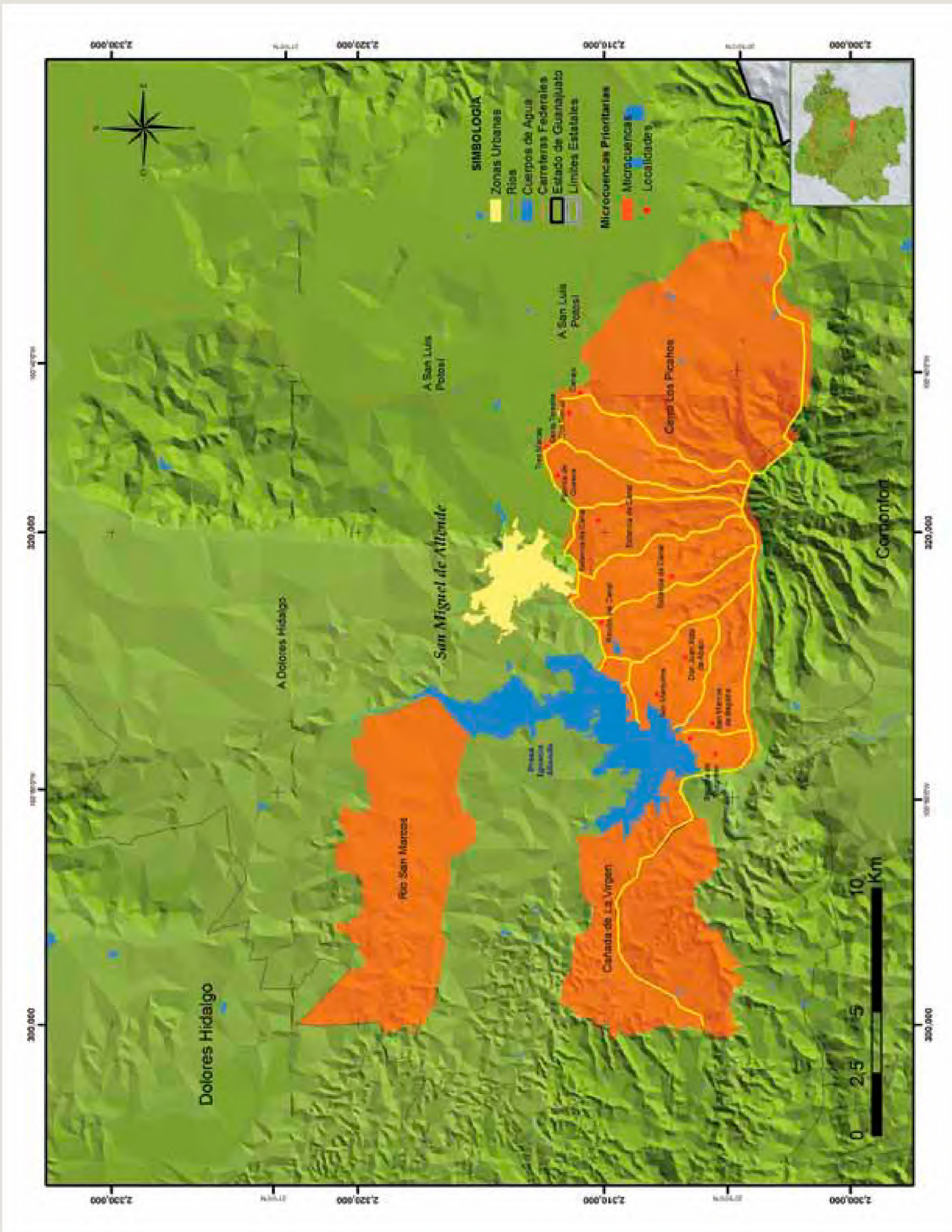


Figura 2. Zonas de prioridad alta para dirigir actividades de restauración.

a los habitantes de la zona urbana y comunidades rurales en San Miguel de Allende, tomando en cuenta que para que esto ocurra se requiere de inversiones significativas y sostenidas que permitan llevar a cabo acciones de conservación de suelo y agua, involucrando a los usuarios del agua tanto en la zona urbana como en las comunidades rurales.

Cuadro 1. Líneas estratégicas llevadas a cabo en la cuenca del río Laja.

Línea estratégica	Objetivo	Actividades
Comunicación y sensibilización	Propiciar un cambio de comportamiento con respecto al agua en sectores clave de la sociedad	• Campañas de publicidad y difusión para educar sobre el uso del agua (en la zona urbana y rural) y sobre la importancia del manejo integral de la cuenca • Prácticas de restauración y conservación de suelo y agua en las comunidades rurales • Sistemas para el aprovechamiento de aguas pluviales en escuelas y clínicas rurales • Reuniones informativas sobre los servicios ambientales de la cuenca y un programa de comunicación social, educación ambiental y capacitación campesina • Foros públicos ciudadanos sobre los servicios ambientales de la cuenca
Espacios de concertación	Lograr una gestión integral de la cuenca	• Comité de planeación con la participación de los diversos sectores de la sociedad y la representación de los tres niveles de gobierno • Comité técnico consultivo que asegurará el desempeño adecuado de las acciones de restauración y conservación en las microcuencas • Programas de gestión de proyectos en comunidades rurales, de socios y voluntarios de la cuenca y de capacitación a promotores
Mecanismos de financiamiento	Desarrollar mecanismos de financiamiento y apoyo para asegurar la participación de los socios y de los proveedores de los servicios ambientales y la viabilidad de las actividades para la gestión integral de cuencas a largo plazo	• Implementación de un fideicomiso, fondo u otra figura para el manejo y administración de los fondos recaudados • Sistemas eficientes de recaudación de los usuarios del agua potable de acuerdo a pagos por servicios hidrológicos (fraccionadores, sector hotelero y de servicios, sector agrícola, industrial y comercio) • Desarrollar un Sistema de Información Geográfica que permita conocer públicamente la superficie territorial que ha entrado a esquemas de gestión sustentable de la cuenca, así como la superficie restaurada y en proceso • Programa de transferencia de recursos de las áreas urbanas más desarrolladas a las zonas rurales que más lo requieren
Conservación de la cuenca	Promover y ejecutar proyectos que incrementen la salud de las cuencas, el conocimiento de las mismas y el bienestar de las comunidades	• Talleres de capacitación a los propietarios y habitantes de comunidades rurales sobre métodos de conservación (agua, suelo y biodiversidad) en las microcuencas de las zonas elegibles • Programa de manejo de la subcuenca del río Laja • Proyectos para la restauración y conservación de la cuenca, dirigidos a dependencias de gobierno en los tres niveles

Literatura citada

Alix-García, J., A. de Janvry, E. Sadoulet *et al.* 2005. *An Assessment of Mexico's Payment for Environmental Services Program*. (Comparative Studies Service Agricultural and Development Economics Division). Nueva York, United Nations Food and Agriculture Organization (FAO).

Bezaury Creel, J.E., R. Waller, L. Sotomayor *et al.* 2000. *Conservation of biodiversity in Mexico: Ecoregions, sites and conservation targets. Synthesis of Identification and Priority Setting Exercises*. (Borrador). The Nature Conservancy México (TNC).

Castellanos, J.Z., M.A. Ortega-Guerrero, O.A. Grajeda *et al*. 2002. "Changes in the Quality of Groundwater for Agricultural Use in Guanajuato", *Terra* **20**: 161-170.

Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2007. Reglas de Operación del Programa Pro-Árbol.

Ecosystem Sciences Foundation. 2006. *Calidad del agua de los pozos en San Miguel de Allende. Fase I: resultados y conclusiones*. Municipio de Allende.

GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 2007. Las personas adultas mayores en Guanajuato, en *http://www.guanajuato.gob.mx/upie/*, última consulta 27 de enero 2007.

Hoogesteger, J. 2004. *The underground: understanding the failure of institutional responses to reduce groundwater exploitation in Guanajuato*. MSc Thesis. The Netherlands, Wageningen University.

Landa, R. y J. Carabias. 2008. "Los recursos hídricos y la gestión de cuencas en México", en L. Paré, D. Robinson y M.A. González (coords.), *Gestión de cuencas y servicios ambientales, perspectivas comunitarias y ciudadanas*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)/Instituto Nacional de Ecología (INE)/ITACA/Red de Aprendizaje, Intercambio y la Sistematización de Experiencias hacia la Sustentabilidad (RAISES)/Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable (SENDAS A.C.)/World Wildlife Fund (WWF), pp. 23-40.

Mahlknecht, J., J. Schneider, B. Merkel *et al.* 2004. "Groundwater recharge in a sedimentary basin in semi-arid Mexico", *Hydrogeology Journal* **12**: 511-530.

Ortega-Guerrero, M., J. Castellanos, G. Aguilar *et al.* 2002. "A conceptual model for increases of sodium, SAR, alkalinity and pH at the independence aquifer in Guanajuato", *Terra* **20**: 199-207.

Sotelo-Núñez, E.I. 2006. "Recomendaciones técnicas del INE por subcuenca", en H. Cotler Ávalos, M. Mazari-Hiriart y J. de Anda Sánchez (eds.), *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta*. México, INE/Semarnat.

ESTUDIO DE CASO

RESCATE DE CACTÁCEAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRAMO CARRETERO

Abigail Mendiola Amador | Armando Marmolejo Hernández

Introducción

Generalmente, en el desarrollo de proyectos se presentan afectaciones al entorno, por lo que diversas instituciones, entre ellas la Dirección de Infraestructura Vial de la Secretaría de Obras Públicas del Gobierno Estatal (SOP), considera la necesidad de exigir a los contratistas de obra la protección, rescate y reubicación de flora y fauna silvestre.

Un ejemplo de lo anterior se aplicó en la apertura de un nuevo trazo carretero, tramo km 0+000–km 5+000 (primera etapa) de la carretera San Diego de la Unión-San Felipe, Gto., localizado en la región noreste del estado, en donde se han afectado terrenos con presencia de matorral xerófilo. El desmonte y despalme necesarios para la construcción del trazo significó la remoción de vegetación, entre la que destacan diversas especies de cactáceas, en especial globulares, como biznaga (*Ferocactus histrix*), clasificada como sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010), así como otras especies, *Mammillaria magnimama* (biznaga de chilitos), *M. uncinata* (chilitos), *M. sempervivi* (biznaga), *Coryphanta radians* (biznaga) y *Ferocactus latispinus* (barril del diablo). La necesidad más apremiante de conservación se centró en estas últimas, dado que algunas especies se encuentran bajo protección (las que poseen ciclos de vida largos), lo que dificulta su establecimiento de forma natural (figura 1).

El trazo proyectado para esta primera etapa de la carretera tuvo una longitud de 5 km, con 7 m de calzada, 9 m de corona y un derecho de vía de 40 m, lo que en conjunto genera un total de 20 ha, fue en esta última superficie donde se llevó a cabo el rescate de cactáceas.

Edificaciones Modernas Nacionales, S.A. de C.V. (Emonsa) fue la empresa responsable de la construcción de la carretera y de asumir los gastos iniciales para el rescate de cactáceas. Servicios Profesionales, Forestales y Ambientales (Serprofamb) —consultores ambientales— realizaron la gestión, identificación de ejemplares, así como el control del procedimiento de rescate de las cactáceas. La asociación civil encargada de la administración y vigilancia del Área Natural Protegida (ANP) Peña Alta, con categoría de Área de Uso Sustentable (Semarnat, 1999; IEE, 2000), ubicada en el municipio de San Diego de la Unión, otorgó todas las facilidades para la reubicación de los ejemplares rescatados indicando el sitio para su sembrado.

Rescate de plantas

En la última semana de agosto del 2008 se proporcionó capacitación al personal de la constructora Emonsa para, en la primera semana del mes de septiembre, iniciar el rescate de las 2 140 cactáceas dentro de la superficie delimitada por el derecho de vía y a lo largo de los 5 km correspondientes al trazo de la carretera.

En la primera semana de octubre se comenzó a trasplantar los ejemplares rescatados, con un seguimiento de tres meses, y en febrero de 2009 se hizo entrega a las autoridades del ANP de 2 037 cactáceas reubicadas y adaptadas. Las especies se transportaron a un sitio que presentaba suelos erosionados dentro del ANP Peña Alta, tomando en cuenta que en estos sitios se pueden llevar acciones de preservación y restauración ecológica con elementos nativos (figura 2).

Con la ayuda del C. Juan Hernández se ubicó una superficie de 0.43 ha, que presentaba un alto grado de erosión del suelo y en donde se requería llevar a cabo acciones de restauración, previa-

Mendiola Amador, A. y A. Marmolejo Hernández. 2012. “Rescate de cactáceas durante la construcción de un tramo carretero” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 428-431.

mente se cercó el área para asegurar la protección de los ejemplares trasplantados y evitar la entrada de ganado no estabulado (figura 3).

La zona restaurada se cubrió en su mayor parte con la plantación de los ejemplares rescatados y se realizaron obras de conservación complementarias, como surcado, siguiendo el contorno de las curvas de nivel para reducir la erosión del suelo y favorecer el arraigo de las plantas rescatadas (Becerra, 1994) (figuras 4 y 5).

Experiencia exitosa

El total de ejemplares rescatados fue de 2 140, con una pérdida de 103 ejemplares. Es importante destacar que una de las causas principales de mortandad observada se debió a pudriciones posiblemente por heridas no intencionales causadas a los ejemplares al momento de su trasplante. Esto significa que 95% de las plantas sobrevivieron al trasplante (cuadro 1).

Metodología utilizada para la extracción de las cactáceas

1. Recorridos previos para ubicar individuos y colonias de cactus; señalización, identificando su ubicación y orientación general en el sitio.
2. Capacitación al personal contratado para el rescate.
3. Rescate de ejemplares: con una barra se escarifica la tierra y con auxilio de una pala se extrae el cactus, procurando maltratar lo menos posible la raíz. Se auxilia con guantes de carnaza y de una canasta de plástico para su transporte.
4. Los cactus se trasladan al sitio de almacén temporal donde se les coloca azufre en las raíces y heridas, se ponen bajo techo en un sitio sin humedad y se dejan reposar 15 días como periodo de cicatrización (figura 6).
5. En el sitio a reubicar se realiza el retiro de rocas, el trazado de surcos o cajetes según el terreno, el retiro de malezas y respeto de arbustivas previo al sembrado de las plantas.
6. Dos días antes del sembrado se riega profusamente el sitio de trasplante.
7. Previo al sembrado de los cactus, se prepara una solución con sustancias favorecedoras del enraizamiento y con fungicida, incorporándose un



Figura 1. Ejemplar de *Ferocactus histrix* (biznaga). Fue el de mayor tamaño rescatada y trasplantada; el promedio general de los cactus es de 15 cm de diámetro.



Figura 2. Vista general de la zona donde se realizó el trasplante de las cactáceas.



Figura 3. Cerca de alambre de púas para evitar la entrada de ganado no estabulado.





Figuras 4 y 5. Cobertura y diseño de la plantación en el ANP Peña Alta.

Cuadro 1. Total de especies de cactáceas rescatadas.

Especies rescatadas	Nombre común	Núm. de ejemplares rescatados	Núm. de ejemplares que sobrevivieron al rescate
Mammillaria magnimama	Biznaga de chilitos	1 571	1 499
Mammillaria uncinata.	Chilitos	488	476
Mammillaria sempervivi	Biznaga	26	14
Ferocactus latispinus	Barril del diablo	10	5
Coryphanta radians	Biznaga	30	30
Ferocactus histrix	Biznaga	15	13
Total		2 140	**2 037**

volumen detallado a cada sitio donde se colocará un individuo o colonia.

8. Al responsable se le capacita y se le da un calendario de riego, el cual debe ser seguido con exactitud.

9. Dependiendo del terreno, se realizan obras complementarias para evitar encharcamientos o canalización de agua sobre todo en época de lluvia.

10. Se realizan seguimientos semanales de los cactus trasplantados para verificar su adaptación, si hay pudriciones, para hacer el cambio o retiro de alguna especie que requiera de un corte, la curación para evitar su pérdida por pudrición. Este es el seguimiento del trasplante (mantenimiento).

11. El seguimiento se realiza mínimo durante tres meses, efectuando tablas como control en cada una de las visitas.

12. Evaluación total del proceso y porcentaje de supervivencia.

13. En cactus de dimensiones mayores a los 40 cm de diámetro se requiere para su traslado el uso de cinchos o fajas elaboradas con ixtle para evitar su maltrato. Durante su transporte se acomodan sobre una cama de arena.

En resumen, se aplican las siguientes etapas básicas: 1. Rescate, 2. Trasplante, 3. Mantenimiento, 4. Seguimiento y 5. Análisis de resultados y conclusiones. Cada uno de ellos debe efectuarse por etapas.



Figura 6. Los cactus son tratados con azufre para favorecer su cicatrización, previamente a ser almacenados (en un sitio seco y ventilado).

Comentarios finales

El rescate de la flora nativa posee objetivos múltiples, por ejemplo, llevar a cabo la restauración de zonas degradadas cumpliendo con la normativa legal sobre la protección al medio ambiente, impulsar la educación ambiental y promover el valor de especies con un alto valor ecológico, como cactáceas, entre otros.

Las acciones interinstitucionales aunadas a las de empresas, profesionistas independientes, habitantes de zonas rurales y personal de las ANP, ofrecen grandes beneficios al entorno.

Uno de los problemas más comunes en este tipo de procesos es el tiempo establecido por la constructora para el rescate, ya que normalmente van con retrasos en el inicio de la obra, circunstancia que motiva a que éste se realice en breves periodos y las plantas sufran maltratos innecesarios. Si los tiempos se respetaran, el rescate se vería favorecido.

Un factor importante a considerar es el seguimiento periódico al menos por tres meses posteriores a la reubicación de las plantas en los sitios definitivos para evitar pérdidas mayores. El riego debe cuidarse minuciosamente, y el cercado y la señalización son fundamentales.

Literatura citada

Becerra, M.A. 1994. *Erosión de Suelos, apuntes de la primera parte del curso de Conservación de Suelos*. Universidad Autónoma de Chapingo.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2000. *Periódico Oficial del Gobierno del estado de Guanajuato*, núm. 162, en *http://uaip.guanajuato.gob.mx/portalcs/docaart10/200805021238120.8.Decla.%20Pena%20Alta.pdf*, última consulta noviembre de 2009.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1999. "Ordenamiento ecológico territorial del estado de Guanajuato", en *http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/decreto_oet_guanajuato.pdf,* última consulta noviembre de 2009.

———. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

EL CENTRO DE RESCATE Y REPRODUCCIÓN DE SERPIENTES DE CASCABEL

Víctor Hugo Reynoso | Andrés Hernández Quintana | Gloria Eugenia Magaña Cota

Las serpientes de cascabel sufren persecución y muerte por parte de los seres humanos por tres razones: *a*) por temor a enfrentar una mordida que pudiera resultar fatal; *b*) para cubrir necesidades propias de la medicina tradicional, y *c*) para abastecer un insaciable mercado ilegal de pieles para la fabricación de productos peleteros como calzado, bolsas y billeteras. El poco respeto que se muestra hacia la vida de estos organismos ha llevado a las poblaciones a decrecer considerablemente. Tan solo en el centro del estado de Guanajuato estudios herpetofaunísticos han demostrado que la especie ha sido prácticamente exterminada de localidades como Cerro Amoles y Yuriria. Su persecución indiscriminada ha puesto en riesgo varias poblaciones naturales de diferentes especies, a tal grado que 25 de las 34 especies que componen el género *Crotalus* en México, se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de las categorías amenazadas o con protección especial.

Consideramos que la mejor manera de combatir la muerte sin sentido y el tráfico ilegal de organismos y pieles de serpiente de cascabel es a través de su rescate y crianza en cautiverio. De este modo se dio inicio al primer Centro de Rescate y Reproducción de la Serpiente de Cascabel en medio rural, en el ejido Llanos de Santana, municipio de Guanajuato, inmerso en el Área de Restauración Ecológica Cuenca de la Soledad.

El Centro de Rescate pretende cubrir tres aspectos ecológicos importantes: *a*) rescatar ejemplares de serpientes de cascabel del medio rural y urbano que, de no existir esta alternativa, serían eliminadas; *b*) relajar la presión de extracción del medio silvestre de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el estado de Guanajuato mediante su crianza en cautiverio, y *c*) llevar a las poblaciones locales a estabilizarse, con el fin de impulsar un aprovechamiento sustentable a través del manejo de poblaciones naturales.

Desde el punto de vista social pretende: *a*) aumentar la participación de las comunidades rurales en las diversas actividades relacionadas con la conservación de las serpientes de cascabel; *b*) proporcionar educación y capacitación al sector social sobre la conservación, manejo y uso sustentable de las serpientes de cascabel, y *c*) capacitar al sector social en el tratamiento de emergencia del accidente ofídico.

Por el momento, el Centro de Rescate se especializa en rescatar a la serpiente de cascabel de cola negra (*Crotalus molossus nigrescens*), la serpiente más abundante en el centro del estado de Guanajuato, pero se planea en un futuro extenderse a otras especies del estado. A largo plazo pretende obtener un sistema de producción de serpientes de cascabel en condiciones de cautiverio óptimo para la implementación de granjas para cubrir las demandas de los peleteros, producción de venenos, artesanías y remedios, abatiendo al máximo los costos de producción y buscando con esto generar artículos de alta calidad que puedan ser competitivos con el mercado ilegal mediante un sello verde. La implementación exitosa de esta práctica relajará la presión de captura de serpientes en estado salvaje, eliminando el riesgo de extinción de poblaciones locales. Al mismo tiempo se pretende implementar un sistema de producción en cautiverio rural, de tal manera que los pobladores de comunidades rurales tengan acceso a una tecnología alternativa adicional a sus labores diarias para obtener ingresos.

Reynoso, V. H., A. Hernández Quintana y G. E. Magaña Cota. 2012. “El Centro de Rescate y Reproducción de Serpientes de Cascabel” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), p. 432.

UN ESFUERZO CIUDADANO POR LA CONSERVACIÓN DE LOS REPTILES DEL NORESTE DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Raúl Hernández Árciga

Introducción

Como antecedente a este esfuerzo de conservación, en el año 2003, con apoyo de la Dirección de Fomento Económico del Municipio de San Luis de la Paz, el Laboratorio de Cordados Terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN) realizó el primer inventario municipal de vertebrados terrestres, consistente en dos visitas mensuales del personal y estudiantes del laboratorio durante seis meses en los diferentes ecosistemas del municipio, para un aproximado de 60 días en campo. Se registraron más de 80 especies entre los cuatro grupos de vertebrados presentes en dichos ecosistemas (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), del inventario 24 especies están consideradas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (López-Vidal, 2003).

A raíz de este inventario, surgió la necesidad de realizar acciones encaminadas a la conservación de la fauna silvestre, dando prioridad a las especies amenazadas mediante un proyecto que involucrara la investigación, la educación ambiental y la conservación, teniendo particular atención en la población de la región noreste del estado de Guanajuato en general y de San Luis de la Paz en particular.

Este proyecto se concentró en los reptiles, ya que dentro de las especies registradas en el estudio de la ENCB-IPN, fueron el grupo más vulnerable, menos conocido y menos respetado por la población de la región: de las 12 especies de reptiles registradas en el inventario realizado en 2003, siete estaban en alguna categoría de riesgo y ocho de ellas eran endémicas de México, tal como se aprecia en el cuadro 1. Lo cual, asociado a que México es el segundo país con mayor número de especies de reptiles a nivel mundial, el alto grado de endemismo y el porcentaje elevado de especies consideradas como amenazadas por la normatividad ambiental vigente nacional (NOM-059) e internacional (CITES), así como por el velo misterioso, los mitos y tradiciones negativas que rodean a los reptiles y anfibios, los convierten en una atractiva bandera para la conservación.

Al comienzo, el proyecto recibió el nombre de Herpetario de San Luis de la Paz y se enfocó únicamente en dar pláticas de educación ambiental, tanto en la cabecera municipal de San Luis de la Paz, sobre todo en los centros educativos, como en la comunidad de Mineral de Pozos. Como resultado, a principios del 2004, se recibió una solicitud de la comunidad de la Huerta, pidiendo apoyo para la captura de una serpiente que se encontraba en sus instalaciones. En ese caso se trató de un ejemplar adulto de *Trimorphodon tau*, culebra opistoglifa llamada localmente pichicuata o culebra casera. El ejemplar fue liberado después de obtener un registro fotográfico y llenar una ficha de registro para comenzar a actualizar el inventario, ya que esa especie no había sido registrada por la ENCB-IPN en el inventario original.

Las frecuentes solicitudes de la población por la ocurrencia de fauna silvestre en las casas habitación y negocios, hizo necesario involucrar en el proyecto a las direcciones de Protección Civil y Seguridad Pública, ya que estas dependencias municipales son las que comúnmente reciben las llamadas por ocurrencia de fauna silvestre en las casas habitación. Así, del 24 al 26 de marzo del 2004, con apoyo de personal del Herpetario del Zoológico de Chapultepec y del Herpetario de la ENEP-Iztacala de la UNAM, se realizó el Primer Taller de Conservación y Manejo de Reptiles para los grupos de atención inmediata y rescate, así como para la Cruz Roja y el cuerpo de bomberos local.

Hernández Árciga, R. 2012. "Un esfuerzo ciudadano por la conservación de los reptiles del noreste del Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 433-435.

A partir de ese año, se amplió la educación ambiental con la participación de los medios de comunicación locales y estatales (radio, periódico y televisión local), exposiciones temporales de reptiles en las ferias patronales de las cabeceras municipales (figura 1). Así como la publicación y distribución del primer tríptico sobre la biodiversidad e importancia ambiental de los reptiles de la Sierra Gorda Guanajuatense, lográndose que la sociedad considerara de diferente manera a la fauna silvestre y en particular a los reptiles, lo que a su vez motivó que actualmente, además de San Luis de la Paz, al menos en los municipios de Doctor Mora, San José Iturbide, Tierra Blanca y Xichú, diferentes dependencias municipales se ocupen también de rescatar y liberar fauna silvestre.



Figura 1. Exposición temporal de reptiles realizada en octubre del 2008 en el Jardín Botánico, El Charco del Ingenio, A.C., San Miguel Allende, Guanajuato (fotografía de Raúl Hernández Árciga).

El rescate de fauna silvestre y la participación social también ha permitido el registro de 28 especies de reptiles, tres de mamíferos y tres de aves, que no habían sido inventariadas en el 2003. De estos registros, 16 constituyen nuevos registros para el estado de Guanajuato y dos la ampliación de su distribución en el mismo. Se ha logrado el rescate en casas habitación y la liberación de 143 ejemplares de reptiles, así como de 23 individuos de algunas especies de aves y mamíferos. Tal es el caso del ejemplar de serpiente de cascabel de cola negra (figura 2). En todos los casos se alimentó, hidrató y dio atención veterinaria a los ejemplares rescatados, previa liberación.

Las liberaciones fueron hechas de acuerdo a los siguientes puntos:

1. Contar con la aceptación de los pobladores y dueños de los terrenos forestales donde serían liberados los ejemplares, así como su compromiso verbal de respetarlos.
2. Haber registrado en el mismo predio en un lapso menor de dos años previos, la especie a liberar. Dichos predios representaron la opción más cercana al sitio donde fue encontrado el ejemplar.
3. Liberar únicamente ejemplares sanos y desparasitados.

Se liberaron los ejemplares lo más pronto posible, evitando su estrés y su acondicionamiento al cautiverio, también se mantuvieron en aislamiento para prevenir el contagio de parásitos.

Cuadro 1. Especies de reptiles rescatados.

Especies rescatadas	Estatus de conservación
Sceloporus spinosus spinosus	Endémica
Plestiodon lynxe	Sujeta a protección especial y endémica
Aspidocelis gularis	
Coluber flagellum	
Trimorphodon tau	Amenazada
Kinosternon integrum	Sujeta a protección especial y endémica
Hypsiglenaa jani	
Pituophis deppei deppei	Amenazada y endémica
Conopsis nasus	Endémica
Thamnophis cyrtopsis	Amenazada
Thamnophis eques	Amenazada
Crotalus molossus nigrescens	Sujeta a protección especial



Figura 2. Serpiente de cascabel de cola negra (*Crotalus molossus nigrescens*) rescatada de las instalaciones de la UNIDEG, cabecera municipal de San Luis de la Paz (fotografía de Raúl Hernández Árciga).

El grupo de trabajo también ha participado en distintos eventos académicos en el ámbito nacional desde el 2006 a la fecha de publicación de este estudio. Como se puede apreciar en la figura 3, de la presentación del prototipo de Guía Multimedia para identificación de Serpientes, durante la XI Reunión Nacional de la Sociedad Herpetológica Mexicana.

Adicionalmente, el proyecto se afilió a la Asociación Herpetológica Mexicana desde el 2006 y es cofundador del Grupo Latinoamericano de Etnoherpetología desde el 2008, miembro fundador de la Asociación para la Investigación y Conservación de los Anfibios y Reptiles (AICAR) y recientemente, miembro fundador del Grupo Académico para la conservación de los Crotalinos Mexicanos.

En la actualidad, los retos principales de este proyecto ciudadano son lograr la certificación como persona física con capacidad para recibir fauna silvestre, concluir el diseño y divulgar la enciclopedia multimedia de identificación de las serpientes y arácnidos del noreste de Guanajuato, así como fomentar el aprovechamiento sustentable de los recursos faunísticos de la región.



Figura 3. Presentación de la Guía Multimedia que fomenta la participación social en el conocimiento y conservación de las serpientes de la Sierra Gorda, en la foto, el autor junto al doctor Luis Canseco, actual presidente de la Sociedad Herpetológica Mexicana. Toluca, Edo. de México. Noviembre del 2010 (fotografía de Raúl Hernández Árciga).

Literatura citada

López-Vidal, J.C. (coord.). 2003. *Primer inventario municipal de vertebrados terrestres en el municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato.* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN).

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

Percepciones medioambientales y propuestas de acción en el Área Natural Protegida Las Musas, municipio de Manuel Doblado, Guanajuato

Oscar Báez-Montes | Yadira Fabiola Estrada-Sillas

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (anp) son zonas del territorio en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que son representativas de esos ambientes y que, además, proporcionan servicios ambientales de diferentes tipos, por lo que requieren ser preservadas o restauradas (pogeg, 2000).

Uno de los principales objetivos de las anp es el de conservar los servicios ambientales provenientes de los ecosistemas, también llamados servicios ecosistémicos, que son los beneficios que obtiene la sociedad de los recursos naturales y de diversos procesos ecosistémicos. Estos servicios se clasifican en cuatro grupos: 1. Servicios de provisión, que abarcan los productos que la sociedad obtiene de los ecosistemas, tales como el alimento, la provisión y la calidad del agua, combustibles, fibras y recursos genéticos; 2. Servicios de regulación, incluidos el mantenimiento de la calidad del aire, regulación del clima, control de la erosión, regulación de las enfermedades humanas y purificación del agua; 3. Servicios culturales, son los beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, cognitivo, de reflexión, recreación y aspectos estéticos, y 4. Servicios de soporte, son aquellos necesarios para la producción de todos los otros servicios, como la producción primaria, la producción de oxígeno y formación de suelo, entre otros (Hassan *et al.*, 2005).

Este estudio de caso tuvo como objetivo conocer las percepciones de pobladores y visitantes del anp Las Musas, sobre los servicios ambientales que proporciona el ecosistema, para generar propuestas para la intervención conjunta en un cambio social con referencia a los recursos naturales de la zona.

La percepción del valor natural

Una parte importante de la conservación radica en la percepción de la sociedad sobre esos bienes y servicios. Si se conoce la forma en cómo los individuos responden ante la problemática ambiental, el por qué lo hacen y la forma en la que responden, quizá se pueda entonces influir en sus acciones de una manera más eficiente (Barraza, 2000).

La percepción ambiental en la anp Las Musas

El 30 de julio del 2002, mediante decreto estatal, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, se declaró la zona conocida como Las Musas Área Natural Protegida (anp), bajo la categoría de Área de Uso Sustentable.

En esta categoría se engloban zonas que comprenden cuencas hidrológicas, recursos forestales y elementos de fauna silvestre, en las que existen desarrollos agropecuarios, potencial recreativo y poblaciones rurales, pero que aún conservan rasgos y funciones de importancia ecológica (pogeg, 2002).

El anp Las Musas, se localiza al suroeste del estado, en el municipio de Manuel Doblado, aproximadamente 12 km hacia el sureste de la cabecera municipal (figura 1).

La percepción de los servicios ambientales en Las Musas.

En el 2005 se realizó una encuesta a 37 personas, entre habitantes y visitantes de Las Musas, con la finalidad de conocer su percepción sobre los servicios ambientales que proporciona el anp y

Báez Montes, O. y Y. F. Estrada Sillas. 2012. "Percepciones medioambientales y propuestas de acción en el Área Natural Protegida Las Musas, Municipio de Manuel Doblado, Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 436-441.

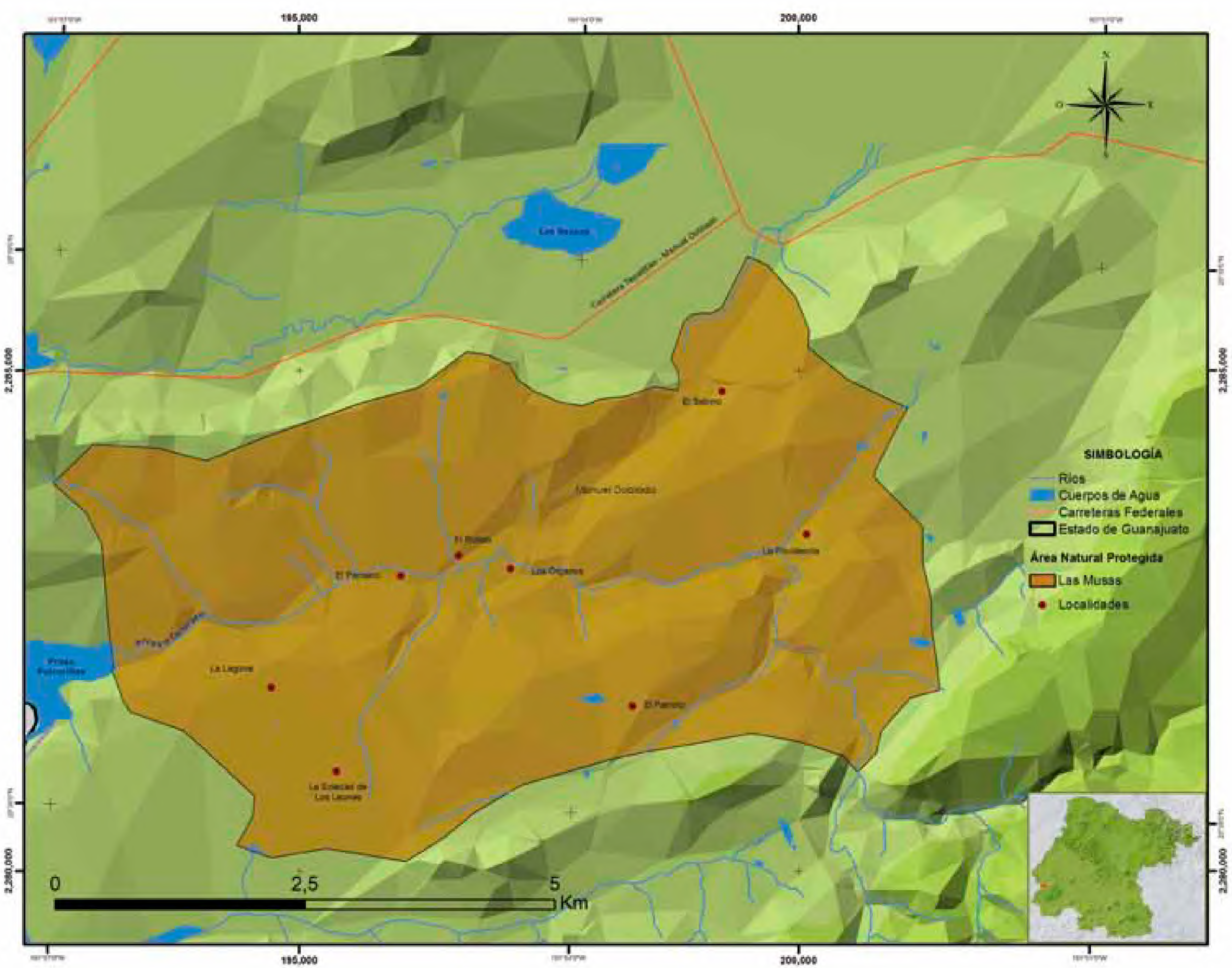


Figura 1. Ubicación del Área Natural Protegida Las Musas. Fuente: POGEG, 2002.

generar con ello propuestas para la participación conjunta en un cambio social en cuanto a los recursos naturales de la zona.

En la aplicación de las encuestas intervinieron alumnos de nivel preparatoria, lo cual contribuyó a su formación, el desarrollo de valores medioambientales y su participación activa en el desarrollo de propuestas de acción para la conservación y manejo de Las Musas.

De la muestra de la población encuestada, 54% fueron mujeres y 46% hombres, encontrándose en los rangos de edad de 15 a 50 años. El 46% fueron visitantes y el mismo porcentaje fueron pobladores, mientras que 8% se negaron a proporcionar el dato. La escolaridad varió: desde personas sin preparación escolar (5.4%), con escolaridad primaria (37.8%), escolaridad secundaria (18.9%), preparatoria (13.5%) y nivel licenciatura (5.4%), el resto no proporcionó dicha información.

Para identificar el grado de conocimiento sobre los instrumentos de conservación de la biodiversidad, se les cuestionó sobre el significado de un Área Natural Protegida, a lo cual 62.2% desconocía dicho concepto y sus implicaciones, aunque aproximadamente 50% sabían que Las Musas es un ANP (figura 2).

Se les preguntó a los encuestados sobre la razón o razones por las que consideran que Las Musas es un ANP, quedando distribuidas sus respuestas de la siguiente forma: 29.7% considera que es ANP por su belleza escénica; 16.2% por su biodiversidad; el mismo porcentaje, porque provee agua; 13.5% por recreación familiar; otro 13.5% opinó que debido a su representatividad a nivel estatal por el bosque de ahuehuetes que conforman el sitio conocido como Las Musas, y 10.8% no tuvo idea de por qué se estableció como ANP.

Aunado a lo anterior, se les pidió que expresaran acciones o propuestas para conservar y mejorar el medio ambiente en el ANP. Las respuestas se agruparon en 14 tipos similares. Se presenta un esquema en la figura 3 con las propuestas de mejoramiento del medio ambiente con sus porcentajes relativos mencionados en las opiniones.



Figura 2. Bosque de Galería del ANP Las Musas. Foto: Oscar Báez Montes.

Propuestas para mejorar el medio ambiente en Las Musas	Generales	No tirando basura 34%
		Cuidándolo 12%
		Limpieza de basura 12%
		Mayor vigilancia 9.7%
		Protección por parte de las autoridades 5%
		Respetar el área 5%
		Cuidando el agua y no contaminarla 2.5%
	Específicas	No descargar aguas negras al río 5%
		Establecer más ANP 2.5%
		Disminución del parque vehicular 2.5%
		Educación a niños y jóvenes 2.5%
		Reforestación 2.5%
		Evitando deforestación 2.5%
		No sé 2.5%

Figura 3. Propuestas para conservar y mejorar el medio ambiente en Las Musas.

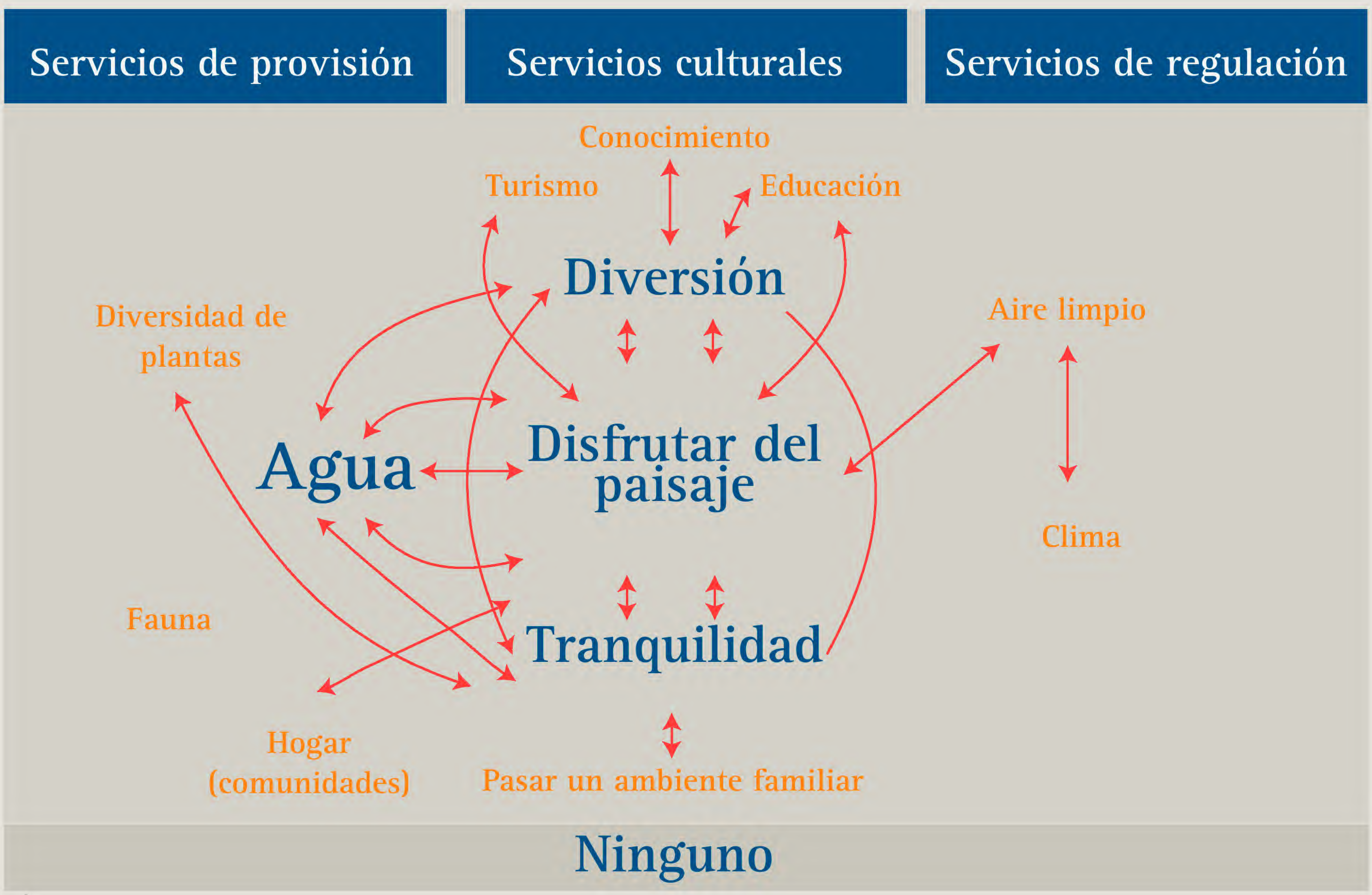


Figura 4. Interrelación de los servicios ambientales identificados que provee el ANP Las Musas.
El tamaño mayor de la letra indica cuando un servicio ambiental fue mencionado con mayor frecuencia y las flechas indican los servicios asociados que fueron identificados entre sí por las personas encuestadas. La clasificación de los servicios ecosistémicos se realizó conforme a los propuestos por Hassan *et al*. (2005).

Para saber si las personas identifican los bienes y servicios ambientales que proporciona el ANP de Las Musas, se les pidió de forma abierta que mencionaran los beneficios ambientales que obtenían del área. Los resultados se presentan en la figura 4.

Casi tres cuartas partes de las opiniones analizadas (73.6%) se engloban en seis beneficios principales: el recurso agua fue identificado en el mayor número de opiniones (17%), seguida del disfrute del paisaje (15%), diversión (13%), aire limpio y tranquilidad (9.4% cada uno).

Los resultados relativos a los factores que deterioran el medio ambiente, identificados por las personas encuestadas, refieren principalmente la basura (65%) y la contaminación del agua (25%), la contaminación en general (2.5%), deforestación (2.5%), incendios (2.5%) y la actividad humana (2.5%) (figura 5).

Por último, se les preguntó a las personas encuestadas su disposición a colaborar en diversos programas para mejorar su medio ambiente, a lo que 28% respondió que les gustaría participar en programas de separación de desechos, 26% manifestó su interés para cooperar en la limpieza periódica del río Colorado en el ANP Las Musas, sin embargo, 26% no mostró interés en participar en ninguna actividad.

Conclusiones y discusiones

Conocer la percepción de las comunidades inmersas en las ANP, así como de las personas que hacen uso de sus recursos naturales es fundamental para lograr la conservación y aprovechamiento de los ecosistemas y de los servicios ambientales que proveen.

La evidencia sugiere que los seres humanos que viven de manera cercana a su ambiente, son capaces de observar, identificar, dar seguimiento y reaccionar a las variaciones en la disponibilidad de recursos, a las relaciones ecológicas y a las respuestas biológicas hacia circunstancias particulares (Berkes y Turner, 2005), por tal motivo resulta esencial asegurar la participación de las comunidades del ANP Las Musas en la gestión para el uso y conservación de los recursos naturales.

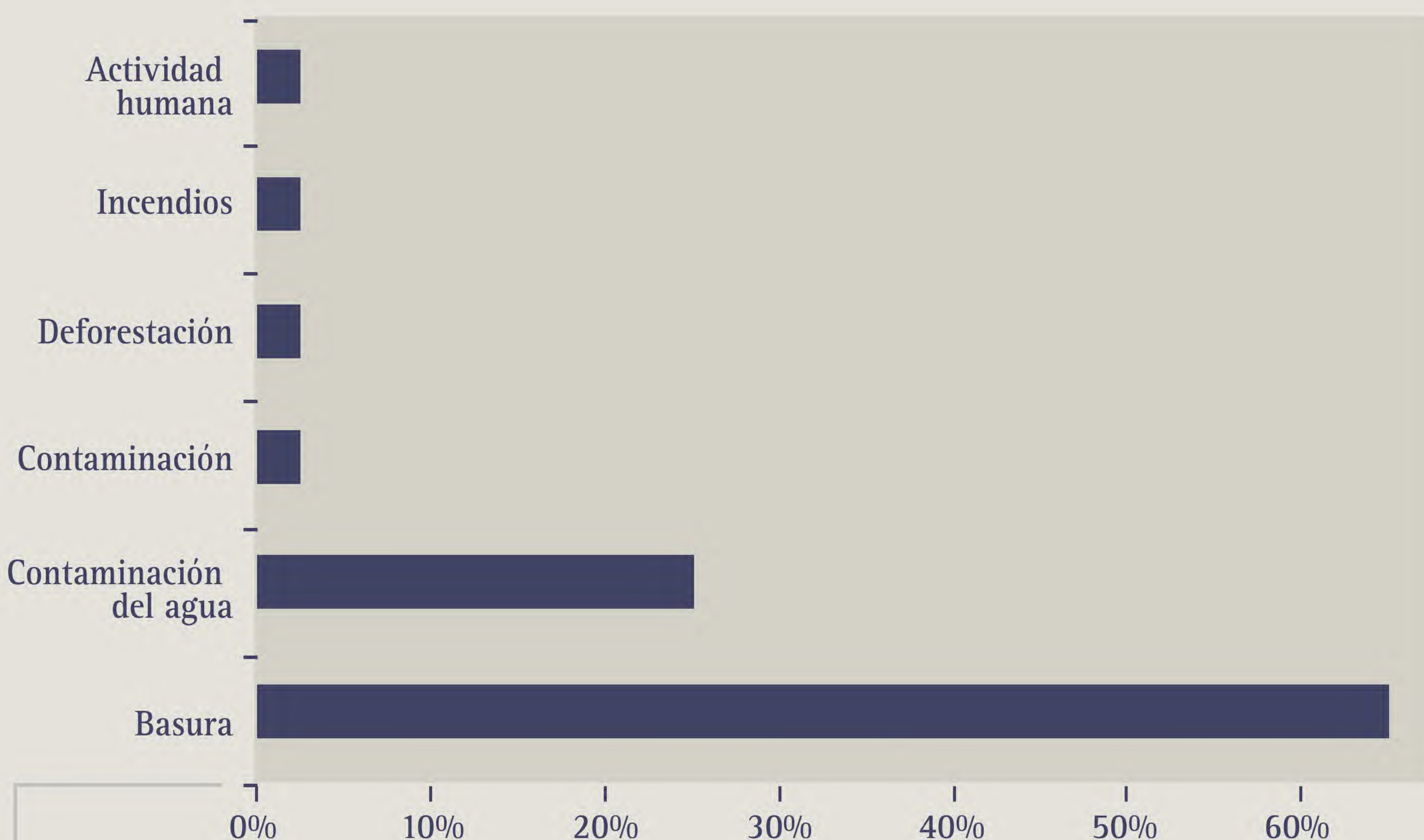


Figura 5. Factores de deterioro identificados por las personas encuestadas.

Aunque el mayor porcentaje de personas encuestadas identificó uno o más servicios ambientales que provee el ANP Las Musas, aún existen personas que desconocen la importancia del ecosistema, por lo que la educación ambiental contribuirá significativamente a desarrollar la conciencia ambiental.

Las personas encuestadas manifestaron su disposición a participar, pero hace falta diseñar e implementar programas permanentes de tipo participativo e incluyente sobre conservación, aprovechamiento y educación ambiental, donde se reflejen las propuestas de las comunidades y usuarios (figura 3), aunado a bases ecológicas y apoyados con la formulación y aplicación de indicadores de evaluación continua que permita realizar un manejo adaptativo.

Se propone que las acciones de manejo contengan esquemas de educación ambiental de forma incluyente y contextualizada con el entorno social-político- ecológico-económico, que debe ser el eje, pero no el objetivo final de las acciones a implementar, con el propósito de generar cambios de actitud, fomentar la participación social y lograr un desarrollo sustentable.

El ecoturismo planificado con una organización comunitaria es un área de oportunidad para aprovechar los recursos de forma no consuntiva, que pueda generar ingresos a la comunidad y permita desarrollar esquemas de conservación.

Se propone también que se establezca un centro permanente de investigación de las dinámicas ecológicas y sociales, que pueda apoyar por un lado a los pobladores, y por otro dar servicios a los visitantes; que, además, se encargue de diseñar, proponer y ejecutar actividades de restauración, conservación, protección y aprovechamiento sustentable de los servicios ecosistémicos derivados de la biodiversidad del ANP Las Musas con un enfoque de complejidad ambiental.

Literatura citada

Barraza, L. 2000. "Educar para el futuro: En busca de un nuevo enfoque de investigación en Educación ambiental", en *Memorias Foro Nacional de Educación Ambiental*, Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)/Secretaría de Educación Pública (SEP)/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), pp. 253-260.

Berkes, F. y N. Turner. 2005. "Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los sistemas socioecológicos", *Gaceta Ecológica* **77**: 5-16.

Hassan, R., R. Scholes y N. Ash (eds.). 2005. "Ecosystems and well–being: Current state and trends", vol. 1. Island Press, pp. 26-36, en *http://www.maweb.org/documents/document.765.aspx.pdf*, última consulta agosto de 2010.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2000. DECRETO Gubernativo 176. Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en materia de Áreas Naturales Protegidas núm. 75, 2ª parte.

———. 2002. DECRETO Gubernativo 120. Declaratoria como Área Natural Protegida en la categoría de Área de Uso Sustentable la zona conocida como Las Musas.

JARDINES ORNAMENTALES CON VEGETACIÓN NATIVA: SITIOS PARA PROMOVER CULTURA Y BRINDAR SERVICIO AMBIENTAL

Teresita del Rosario L. Terrones Rincón | Vittoria Eugenia Partida Pizzini Flores
Claudia Martínez Ayala | Cristina González Sánchez

El estilo de vida de los humanos ha modificado y alterado los ecosistemas naturales en muchas formas y en diferentes grados de magnitud, tanto a escala planetaria como regional, situación que se traduce en un ambiente frágil ante eventos antropogénicos globales, como el actual cambio climático. Actualmente predomina un paisaje fragmentado, que se intensifica en zonas altamente pobladas, como en el estado de Guanajuato (figura 1) y la cuenca Lerma-Chapala en el centro de México (cec, 1997; Semarnat, 2008); los problemas más severos son la degradación de suelos, que a su vez aumentan la intensidad de condiciones extremas del clima y la constante disminución de la biodiversidad (ine, 2006).

En esta región, como en muchas otras zonas urbanas de México, el proceso de urbanización se caracteriza por designar espacios reducidos para zonas verdes, y en donde se prefiere el uso de pocas especies exóticas o introducidas, lo que repercute de forma perjudicial en la vegetación nativa al reducir la cobertura vegetal. Además, son afectados los procesos ecológicos, como la recarga de acuíferos; la reducción de la posibilidad de encontrar refugio y alimento para la fauna silvestre, y la disminución de los espacios para el fortalecimiento de una cultura ambiental en los pobladores. De esa manera, mientras que en México se introducen especies exóticas para el arbolado de ciudades, como eucaliptos, casuarinas, ficus y jacarandas, ya sea por moda o por su disponibilidad en los viveros municipales y oficiales (Bonfil Campos y Vázques Robles, 1995; Corona, 2004), otros países comercializan y cultivan las especies mexicanas en peligro de extinción o endémicas, como algunas plantas ornamentales, por ejemplo, diversas cactáceas (conabio, 2009).

Los espacios familiares con una amplia diversidad de especies han estado presentes en muchas culturas. A su llegada a México, los conquistadores se sorprendieron de la belleza, el diseño y la biodiversidad presente en los jardines de los emperadores aztecas en Chapultepec e Iztapalapa, que fueron estructurados con base en conocimiento ecológico. Existe consenso a nivel mundial sobre la importancia de estos sitios para los seres humanos y para la conservación de la biodiversidad. En países desarrollados se reconoce el valor de los huertos o jardines familiares debido a que forman parte del espacio de la vivienda, además de ser lugares de socialización para la gente que los crea (Eberhardt y Pamuk, 2004). También, son considerados sitios educativos para niños de zonas urbanas que desconocen la vegetación nativa y para mejorar su relación con los ecosistemas de sus regiones (Terrones *et al.*, 2006).

Servicio ambiental y ornamental

Una forma de contribuir a la restauración del hábitat fragmentado en zonas altamente pobladas e industrializadas, es invertir en la domesticación de plantas nativas con potencial ornamental para apoyar su uso organizado y legal en espacios públicos, traspatios o cinturones verdes. Un ejemplo de la relación entre flora y fauna silvestre con el balance del paisaje en zonas urbanas se refleja en la situación actual del tecolotito colicorto (*Micrathene whitneyi*) y los murciélagos herbívoros (*Leptonycteris nivalis* y *Choeronycteris mexicana*), quienes se alimentan principalmente de insectos y son polinizadores de diversas especies de árboles silvestres, agaves y cactáceas; sin embargo, en zonas urbanas fragmentadas no encuentran sitios para perchar o anidar en las noches por la ausencia de la flora nativa o en general de vegetación, lo que posiblemente ha contribuido a su actual estatus de vulnerabilidad y de extinción en la región del Altiplano (Alvarado, 2006; Sánchez y Magaña-Cota, 2008).

Terrones R., T. del R., V. E. Partida Pizzini F., C. Martínez Ayala, *et al.* 2012. "Jardines ornamentales con vegetación nativa: sitios para promover cultura y brindar servicio ambiental" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 442-446.



Figura 1. Paisaje ruderal fragmentado a los alrededores de la ciudad capital del estado de Guanajuato (fotografía de Rosario Terrones).

El diseño ambiental de espacios urbanos requiere del conocimiento sobre el crecimiento y la adaptación de las plantas de cada región, sus limitaciones y beneficios ecológicos, además del espacio a plantar, la orientación, el entorno regional o local del paisaje y del grado de compromiso del usuario para lograr revertir el proceso de fragmentación del paisaje (Cañizo, 2006). No podemos seguir haciendo diseño con esquemas antiguos o de lugares europeos y orientales, sino que es necesario pensar en las necesidades ambientales de cada región específica y del bienestar social. En este sentido, un jardín o parque manifiesta la estética, armonía y funcionalidad de la vegetación nativa, donde encontraremos una diversidad de texturas, colores, formas y biodiversidad.

El clima determinará el éxito del establecimiento y mantenimiento de las áreas verdes, particularmente en zonas con escasez de agua. En ese sentido, muchos diseños paisajísticos atractivos no soportan la prueba del tiempo en las condiciones climáticas del Altiplano Mexicano, donde se presentan lluvias menores a 400 mm y temperaturas extremas que provocan estrés por calor o daños por heladas; provocando desánimo en los responsables y altos costos por mantenimiento, tanto en instituciones municipales como en industrias y hogares.

Evaluación de árboles y arbustos nativos

Para conservar nuestra biodiversidad, una alternativa son los traspatios agroforestales o jar-



Figura 2. Perspectiva de un traspatio ideal con diferentes especies, talleres participativos Cebaj-INIFAP, 2007.

dines escolares con arbustivos nativos, ya que amortiguan los efectos de la desertificación en el Altiplano Mexicano. Además, son sitios de esparcimiento y reunión familiar que brindan oportunidad para estrechar lazos generacionales y trabajar en equipo, lo que fomenta la relación y el respeto hacia la naturaleza (figura 2).

En el Campo Experimental del Bajío del INIFAP, se estableció un traspatio con ocho arbustos nativos de leguminosas y se evaluó mediante talleres participativos la percepción de diversos grupos de la sociedad civil (figura 3). Con relación al aspecto ambiental, las personas que se capacitaron coincidieron en que los espacios verdes con multiespecies son favorables en diferentes aspectos: pueden fomentar la conservación de la diversidad biológica, la protección de fauna silvestre, el uso racional del agua o suelo, la reducción de efectos negativos por temperatura y humedad, y disminuir los riesgos del efecto de contaminantes cercanos a los hogares o escuelas, como polvo, ruido, dióxido de azufre, dióxido de carbono, óxidos nitrosos, entre otros.



Figura 3. Talleres en traspatio con árboles y arbustos nativos con cultivos intercalados medicinal y hortícola (Cebaj-INIFAP, 2007).

Por otra parte, la cantidad de biomasa obtenida de las plantas en el quinto año, de haber sido plantadas, fue de 85 kg de materia seca (MS) en total, producto que puede sustituir la compra de cinco pacas con un valor unitario de 30 a 60 pesos (sorgo o alfalfa, respectivamente) y complementar la dieta de animales de corral (figura 4). Los traspatios agroforestales pueden también ser un banco vivo de plantas medicinales o culinarias para autoabasto y productos no maderables como forraje y leña, y como protección de los efectos contaminantes, por ello son considerados como la caja de ahorro de muchos hogares rurales, generando en total alrededor de 5 800 pesos anuales, equiparables al apoyo nacional de Procampo por 5 ha siniestradas con cultivos básicos bajo temporal (1 160 pesos por ha).

Por otro lado, a partir de la evaluación del potencial ornamental de diversas especies de árboles y arbustos nativos sobresalieron 35 especies (figura 5) (Terrones, 2008). La cucharilla (*Dasylirion acrotrichum*) y la flor de San Pedro (*Tecoma stans*) resaltaron por su valor ambiental y de uso multipropósito, en cambio por su riesgo de extinción o bajas poblaciones en la naturaleza, además del valor ornamental fueron seleccionados el granjeno prieto (*Condalia mexicana*), copales (*Bursera* sp.), y cacaloxúchitl (*Plumeria rubra*). La belleza ornamental del cacaloxúchitl y el espino rojo (*Mimosa benthamii*) fue determinante para los funcionarios.

Acciones conjuntas

A través de recorridos de campo y entrevistas en diversas comunidades y ciudades de Guanajuato se detectaron problemas relacionados con el cuidado de espacios públicos. Las principales dificultades en cuanto al establecimiento y manejo de los espacios verdes son la ignoran-

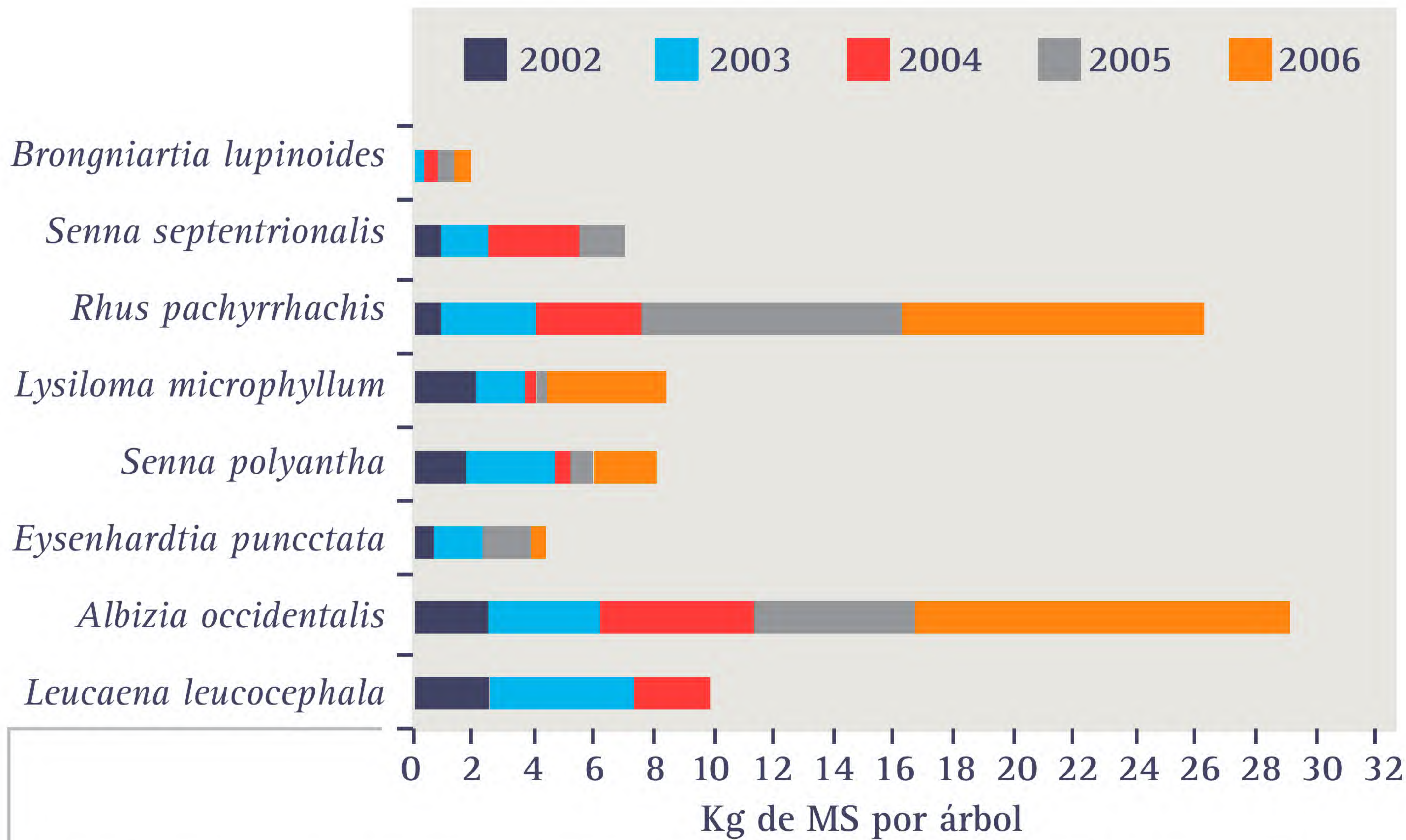


Figura 4. Biomasa seca de leguminosas forrajeros plantadas en un traspatio agroforestal (Cebaj-INIFAP, 2006).

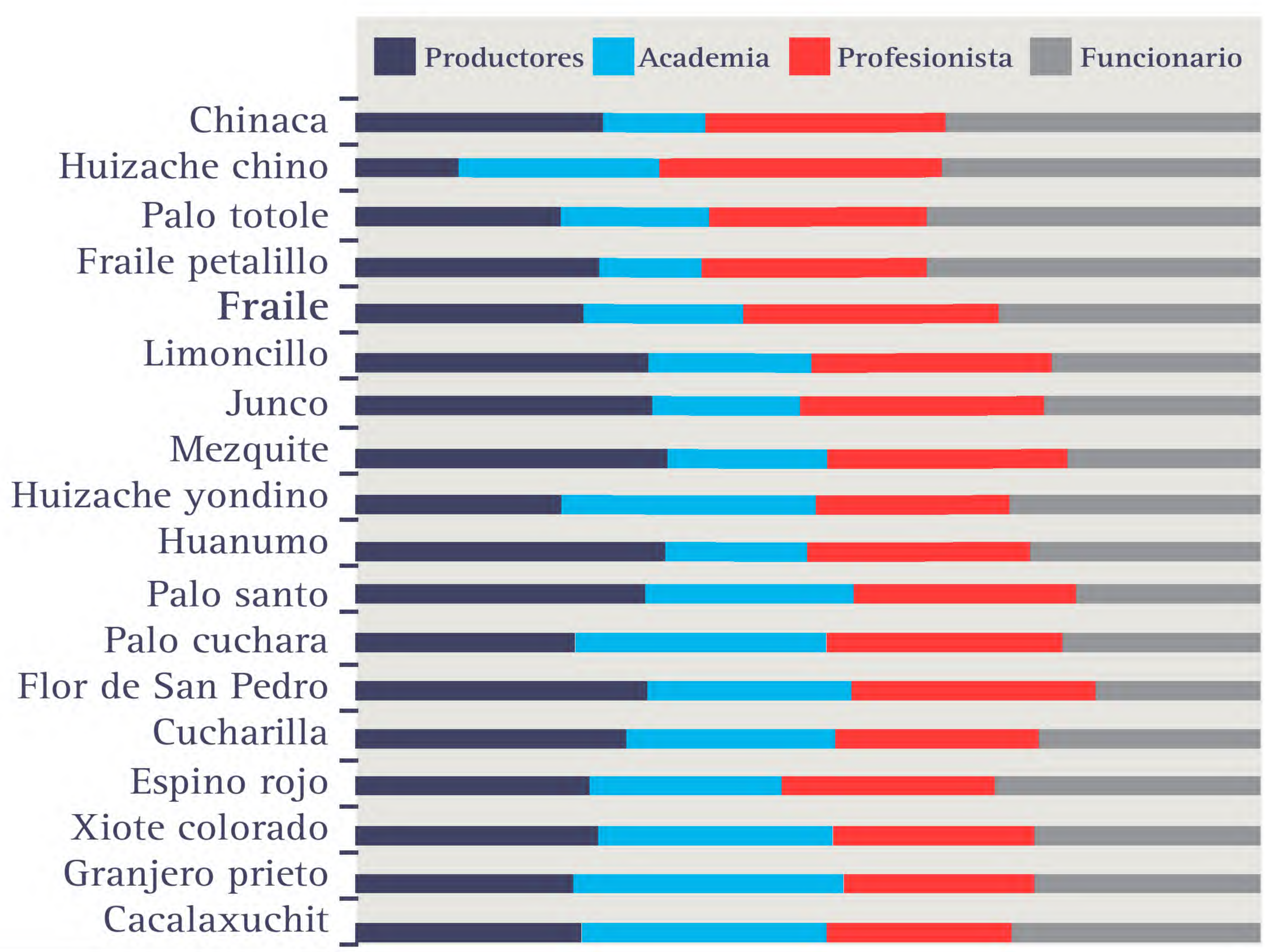


Figura 5. Árboles y arbustos nativos con potencial ornamental según grupo entrevistado (Cebaj-INIFAP 2007 y 2008).

cia acerca de los recursos naturales en la zona y el servicio ambiental que brindan, la falta de dedicación y recursos económicos; la escasez de agua para el riego de hortalizas y flores de ornato, la baja fertilidad de los suelos, los daños recurrentes por heladas, granizo o sequía y, en general, el desconocimiento de técnicas sustentables, asociado a la poca información relacionada con el cultivo y conservación de plantas nativas para uso doméstico.

Es, por lo tanto, urgente que los programas oficiales de reforestación y restauración ecológica promuevan de forma insistente la investigación y distribución de especies nativas con potencial ornamental para que puedan ser propagadas y utilizadas de manera organizada y legal por viveristas. Al mismo tiempo, es necesario intensificar la capacitación y divulgación de la información relativa al servicio ambiental que dicha vegetación nativa representa para todos los sectores de la sociedad en el estado de Guanajuato. Por otro lado, hay que fomentar, en los planes de desarrollo regional sustentable, el diseño ambiental del paisaje que coadyuve a elevar la educación ambiental en los ciudadanos de todas las edades para lograr el manejo y la conservación de nuestra biodiversidad.

Literatura citada

Alvarado, Z.A. 2006. *Animales mexicanos del desierto en peligro de extinción*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo del Maestro núm. 124, septiembre, pp. 9-15.

Bonfil Campos, A.J. y J. Vázquez Robles. 1995. “Los arbustos de las zonas secas de México: recurso ornamental desaprovechado”, en *Memoria de V Congreso Nacional de Horticultura Ornamental*, México, UNAM.

Cañizo, J.A. 2006. *El jardín arte y técnica*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.

CEC (Comisión para la Cooperación Ambiental). 1997. *Regiones ecológicas de América del Norte: hacia una perspectiva común*, en http://www.cec.org, última consulta noviembre de 2009.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2009. *Capital natural y bienestar social*. México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, México, en *http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html*, última consulta octubre de 2009.

Corona Nava-Esparza, V. 2004. *Plantas mexicanas con potencial ornamental*. México, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Xochimilco.

Eberhardt, M.S. y E.R. Pamuk. 2004. “The importance of place of residence: examining health in rural and nonrural”, *American Journal of Public Health* **94**: 1682-1686.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 2006. *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta*, en *http://www2.ine.gob.mx/emapas/lch_nivurb00.html*, última consulta octubre de 2009.

Sánchez, Ó. y G.E. Magaña-Cota. 2008. Murciélagos de Guanajuato: perspectiva histórica y actualización de su conocimiento *Acta Universitaria*, vol. 18, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 27-39. México, Universidad de Guanajuato, en *http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41618304*, última consulta en diciembre de 2009.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*, en *http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/sniarn/index_informes.html,* última consulta octubre de 2009.

Terrones R., T. del R., M.A. Hernández y S.A. Ríos. 2006. *Traspatios agroforestales con arbustivas nativas de uso múltiple: espacios para amortiguar la desertificación*, Folleto Técnico. INIFAP.

———. 2008. *Estrategia de manejo racional para promover arbustivas nativas de zonas áridas como ornamentales*. Informe final del Proyecto Fonsec/Conacyt/Conafor-2006-1/32673. Celaya, Gto.

La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. I.

Se terminó de imprimir en diciembre de 2012
en Editorial Impresora Apolo, S. A. de C. V.
Centeno 162, Col. Granjas Esmeralda 09810, México D.F.
Se imprimieron 2000 ejemplares.

CONABIO

GOBIERNO FEDERAL

gto orgullo y compromiso de todos

Instituto Estatal de Ecología